

त्यामुळे तुमच्या वर्गाच्या ११ cbse पुस्तकाच्या ८ व्या अध्यायाशी संबंधित असलेल्या व्याख्यानांच्या या संचामध्ये तुम्हा सर्वांचे स्वागत आहे,

त्यामुळे विद्यार्थ्याला कळले पाहिजे की धडा ८ हा गुरुत्वाकर्षणाचा धडा आहे न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा सार्वत्रिक नियम म्हणून पुढील काही व्याख्यानांमध्ये आपण जाणार आहोत एक घटना म्हणून गुरुत्वाकर्षणाचे विविध पैलू एक्सप्लोर करणे आणि स्पष्ट करणे आणि न्यूटनच्या नियमामध्ये गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रात मुक्तपणे पडणाऱ्या सफरचंदापासून सुरू होणाऱ्या विविध प्रकारच्या घटनांचा समावेश आहे. भरतीसंबंधी घटना ग्रहांची गती आणि आकाशगंगा आणि अर्थातच आकाशगंगा आणि अर्थातच यांच्यातील परस्परसंवाद ही एक कृत्रिम उपग्रह आहे. भौतिकशास्त्राच्या विद्यार्थ्यांसाठी सर्वात महत्त्वाच्या विषयांपैकी कारण ही परिस्थितीची पहिली घटना आहे जिथे मूलभूत नियम शोधला गेला होता आणि सर्व प्रकारच्या पदार्थांच्या गुणधर्मांवर नियंत्रण ठेवणारा कायदा शोधला गेला होता आणि त्याचा निसर्गाच्या आपल्या आकलनावर दूरगामी परिणाम झाला होता. भौतिकशास्त्राचे स्वरूप आणि आपले विश्व काय आहे हे समजून घेण्याचा आपला दृष्टीकोन आणि

त्यामुळे तत्त्वज्ञानावरही त्याचा दूरगामी परिणाम होता, तुमच्या वर्गातही तुम्ही या व्याख्यानांमध्ये त्या सर्वासमोर येऊ शकणार नाही, परंतु हे लक्षात ठेवणे चांगले आहे की गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाचा शोध हा उच्चकांपैकी एक आहे. मानवी सभ्यतेचे मुद्दे, म्हणून या संक्षिप्त परिचयाने मला कामाला सुरुवात करू द्या म्हणून मी काय करणार आहे ते थेट गुरुत्वाकर्षणाने सुरू होणार नाही कारण गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाची रचना ही संकल्पना समजून घेण्यासाठी मोठ्या घडामोडींच्या आधी होती. संदर्भ फ्रेम एक मुक्त कण ची संकल्पना, शक्तीची संकल्पना, कार्याची संकल्पना इत्यादी आणि पुढे आणि मला माहित आहे की तुमच्या वर्गात आणि या व्याख्यानांमध्ये तुम्हाला या सर्व संकल्पनांचा खूप तपशीलवार खुलासा झाला आहे पण या संकल्पनांची पुनरावृत्ती करणे आपल्याला हानी पोहोचवत नाही, जरी ती अगदी थोडक्यात केली असली तरीही ती आपल्याला समजून घेण्यास आणि आपल्या आठवड्याच्या  $g$  सह अभ्यासासाठी जे काही अभ्यास करणार आहोत त्याची प्रशंसा करण्यास तयार होईल. एव्हिडेंशन म्हणून मी प्रथम या कोर्समध्ये मी काय कव्हर करणार आहे याची रूपरेषा देऊ द्या बल जे मूलभूत आहे कारण आपण गुरुत्वाकर्षण बल इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फोर्स असे म्हणतो आणि पुढे पुढे कार्य ही संकल्पना येते ० गतीज आणि संभाव्य ऊर्जा या दोन महत्त्वाच्या संकल्पना ज्या ऊर्जेचे संवर्धन करतात

त्यामुळे यालाच आपण मेकॅनिक्स म्हणतो त्यात काही आहेत त्याच्याशी संबंधित असलेल्या आणखी काही गोष्टी जसे की संवेगाचे संवर्धन आणि कोनीय संवेगाचे संवर्धन ज्याचा सारांश देखील मी गुरुत्वाकर्षणाच्या चर्चेत येण्याआधी गुरुत्वाकर्षणाच्या चर्चेत येण्यापूर्वी आपल्यासाठी हे लक्षात ठेवणे आणि लक्षात ठेवणे चांगले आहे की गुरुत्वाकर्षण आहे. चार मूलभूत शक्तींपैकी एक म्हणून आपल्याकडे मूलभूत शक्तीची संकल्पना आहे आणि आपल्याकडे व्युत्पन्न शक्तीची संकल्पना आहे किंवा  $n$  प्रभावी शक्ती म्हणून हे उल्लेखनीय आहे की शोधण्यात आलेल्या पहिल्या बलांपैकी एक ही प्रत्यक्षात एक मूलभूत शक्ती होती म्हणून आपण काय करू ते म्हणजे चार मूलभूत बलांचे अगदी थोडक्यात वर्णन करणे आणि मी त्यांना येथे सूचीबद्ध केले आहे गुरुत्वाकर्षण इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझम अणुशक्ती आणि कमकुवत परस्परक्रिया कोणत्या ना कोणत्या मार्गाने तुम्हाला या चारही गुरुत्वाकर्षणाचे अर्थातच या व्याख्यानांमध्ये वर्णन केले जाईल जे तुमच्या वर्गात इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझम अर्थातच तुमच्या 12 इयत्तेत तुमच्या अभ्यासक्रमाचा एक मोठा भाग समाविष्ट आहे. बीटा टीके

रेडिओएक्टिव्हिटीच्या धड्यात तुम्ही अभ्यास करत असलेल्या न्यूक्लियर फोर्स फिशन फ्यूजन इत्यादींचा थोडा अभ्यास करा आणि अगदी कमकुवत परस्परसंवादांचाही अभ्यास करा जरी तुम्हाला असे सांगितले जात नाही की कमकुवत परस्परसंवाद जबाबदार आहेत त्यामुळे काही अर्थाने तुम्ही या सर्व विषयांच्या संपर्कात असाल. जरी या शक्तींचा स्पष्टपणे उल्लेख केलेला नाही विशेषतः कमकुवत परस्परसंवादांचा म्हणून मी काय करेन ते म्हणजे काही वेळ घालवणे संकल्पनांची उजळणी केल्यानंतर त्यावर चर्चा केल्यावर आपण गुरुत्वाकर्षणाचा योग्य अभ्यास करू शकू म्हणून पहिली घटना जी आपल्याला अभ्यासाची लागेल ती म्हणजे पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रात मुक्तपणे शरीर खाली पडण्याची समस्या आणि तो प्रसिद्ध गॅलिलियन नियम आहे. ॲरिस्टॉटलने विश्वास ठेवला किंवा ॲरिस्टॉटलने असा प्रचार केला की नंतर वस्तू वर सरकतात आणि जड वस्तू खाली येतात, अर्थातच जर मी कागदाचा तुकडा ठेवला तर तो दगडासारखा जड वस्तूपेक्षा खूपच हळू खाली येतो पण गॅलिलिओला श्रेय दिले जाते पिसाच्या झुकलेल्या बुरुजावरून एक प्रयोग केला आहे जिथे त्याने दोन वस्तू टाकल्या सोनं आणि कथील किंवा एक दगड आणि शिशाचा एक ब्लॉक म्हणू आणि ते त्याच प्रवेगाने पडले आणि त्याच वेळी ते जमिनीवर पोहोचले हा प्रयोग खूप आहे आपल्यासाठी महत्त्वाचा कारण ती एक दूरगामी संकल्पना समोर आणते किंबहुना जडत्व आणि गुरुत्वीय वस्तुमानाची समतुल्यता नावाची एक अतिशय वेधक संकल्पना ही एक वैशिष्ट्य आहे  $f$  गुरुत्वाकर्षण म्हणून आपण गॅलिलिओचा नियम केवळ गुरुत्वाकर्षणाच्या सार्वत्रिक नियमालाच नव्हे तर जडत्व आणि गुरुत्वीय वस्तुमानाच्या समतुल्यतेला देखील प्रेरित करण्यासाठी वापरणार आहोत ही समतुल्यता अत्यंत निरुपद्रवी अतिशय सोपी आणि अपघातासारखी वाटते परंतु आईनस्टाईनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या सामान्यीकरणाचा हा आधार होता जिथे त्याने न्यूटनच्या सिद्धांताच्या पलीकडे जाऊन सापेक्षतेचा सामान्य सिद्धांत दिला तो तुम्ही कदाचित ऐकला असेल ब्लॉक होल स्पेस टाईम वक्र आणि हे सर्व या समतुल्य तत्त्वापासून येते मी थेट गुरुत्वाकर्षणाकडे जाण्यापूर्वी आता आपण काय करतो खगोलीय घटना पाहणे म्हणजे आकाशात काय घडते हे खगोलीय आहे

त्यामुळे आपल्यासाठी हे जाणून घेणे महत्त्वाचे आहे की संपूर्ण जगभरातील प्राचीन खगोलशास्त्रज्ञ बेबीलोनियन ग्रीक चीनी भारतीय ते आकाशातील वस्तूंचे अंतर आणि कालखंड निर्धारित करण्यास सक्षम होते. हे जाणून घ्या की ग्रहणांचा अगदी अचूकपणे अंदाज लावला जातो नक्षत्रांच्या गतीचा अंदाज आहे सूर्याचा कालावधी खूप ज्ञात आहे  $w$  चंद्राचा कालावधी चंद्राच्या आकारमानाने देखील ओळखला जातो सूर्य आणि पृथ्वीचा अंदाज खूप चांगला आहे म्हणून आपण गुरुत्वाकर्षणाचा अभ्यास सुरू करण्यापूर्वी आपल्यासाठी हे जाणून घेणे महत्त्वाचे आहे की तोटा नसतानाही भौतिकशास्त्रातील लोक मोजमापाचा अंदाज लावू शकले म्हणून सांगायचे तर आम्ही त्यापासून सुरुवात करू आणि मग पुन्हा नक्कीच आपल्याकडे ग्रीक आणि विशेषतः भारतीय परंपरांमध्ये खगोलशास्त्रीय सारण्यांची मोठी परंपरा आहे आणि आम्ही केप्लर डेटाचे विश्लेषण कसे करू शकला याचे वर्णन करू. ग्रहांच्या गतीचा तोटा द्या जो अतिशय महत्त्वाचा आहे ग्रहांच्या गतीचे तीन नियम आहेत जेणेकरून आपल्याला असे काहीतरी हवे आहे न्यूटन केप्लरच्या नियमाच्या स्थितीत असणे हे विलक्षण भाग्यवान होते केप्लर स्वतः नशीबवान होते की टायको ब्राहेने खरोखरच गती रेकॉर्ड केली खगोलीय पिंड अगदी तंतोतंत अर्थातच ते

खूप प्राचीन काळापासून मागे जातात Ptolemy आणि आर्यभट्ट न्यूनच्या ताब्यात होते. या सर्व गोष्टींपैकी हा सर्व डेटा आणि त्याला गॅलिलिओचा मुक्तपणे पडणाऱ्या शरीराचा नियम माहित होता आणि दोन पृथ्वीवरील घटना आणि खगोलीय घटना यांना जोडणारा न्यून गुरुत्वाकर्षणाचा सार्वत्रिक नियम तयार करू शकला म्हणून त्याला सार्वत्रिक म्हणतात या विश्वात कोणतेही शरीर नाही ज्याला गुरुत्वाकर्षण शक्तीचा अनुभव येत नाही जो इतर शरीरांवर गुरुत्वाकर्षण शक्तीचा वापर करत नाही हा एक गुणधर्म आहे जो इतर शक्तींद्वारे सामायिक केला जात नाही म्हणून न्यूनच्या गुरुत्वाकर्षणाचा नियम सांगितल्यानंतर आपण खगोलीय घटना पाहत असल्यामुळे आपण दोन घटना पाहणार आहोत. अर्थातच ही पृथ्वीची सूर्याभोवतीची गती आहे आणि सूर्याभोवती ग्रहांची गती आहे आम्ही एक सरलीकृत अंदाज लावू की सर्व कक्षा गोलाकार आहेत साधेपणासाठी अर्थातच कक्षा पूर्णपणे वर्तुळाकार नसतात पण काही फरक पडत नाही मग आम्ही चंद्राच्या पृथ्वीभोवतीच्या हालचालीवर देखील चर्चा करणार आहोत जी तुमच्या अभ्यासक्रमात डिस्क नंतर आहे या दोन घटनांचा वापर करून या दोन घटनांवर चर्चा करण्यासाठी आपल्याला पृथ्वीचे वस्तुमान आणि पृथ्वीचा आकार यासारख्या मूलभूत माहितीची आवश्यकता असेल आपण स्थलीय गुरुत्वाकर्षणाकडे परत येतो आणि तो गुरुत्वाकर्षणामुळे प्रसिद्ध प्रवेग आहे ज्या अनेक समस्या तुम्ही लोकांनी सोडवल्या आहेत.

त्यामुळे येथे अर्थातच पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून एखाद्या वस्तूचे अंतर पृथ्वीच्या त्रिज्येच्या तुलनेत फारच कमी आहे म्हणून  $g$  हा बहुतेक वेळा  $10 \text{ si}$  एकक  $9.8$  मध्ये स्थिर मानला जातो पण प्रत्यक्षात  $g$  बदलते जसे जसे तुम्ही पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून दूर जाता तेव्हा तुम्ही पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध बिंदूंच्या भिन्न बिंदूंवर जाता म्हणून आम्ही चर्चा करू की गुरुत्वाकर्षणामुळे होणाऱ्या त्वरणाच्या भिन्नतेसाठी दोन योगदाने येणार आहेत. एक नाही आहे अयोग्य गोलाकार आकार पृथ्वी हा अचूक गोलाकार नाही पण त्याला जिओइड म्हणतात तो ध्रुवावर सपाट आहे आणि विषुववृत्तावर फुगलेला आहे म्हणून माझे गुरुत्वाकर्षणातील बदलांमुळे होणारा प्रवेग आणि तुम्हाला सर्व परिचित असलेल्या इतर घटना म्हणजे पृथ्वी केवळ सूर्याभोवती फिरत नाही तर ती या अक्षाभोवतीही फिरते जी  $23$  आणि दीड अंशाच्या कोनात झुकलेली आहे जी खूप महत्त्वाची आहे कारण ऋतूसाठी जबाबदार आहे ज्यामुळे गुरुत्वाकर्षणामुळे प्रवेग मध्ये फरक देखील होतो जो गुरुत्वाकर्षणामुळे एक प्रभावी प्रवेग आहे याची आपल्याला काळजी करण्याची गरज आहे की आपण त्यावर चर्चा करू

त्यामुळे असे करताना आपण वस्तुमान आणि यामधील फरक समजून घेण्यासाठी थोडा वेळ घालवू वजन न्यूनचा मूलभूत नियम तयार केला आहे. पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रामध्ये आपण जे मोजतो ते वजन आहे ते वजन समान नसतात. आर्किमिडीज तत्त्वानुसार वजन बदलू शकते परंतु वस्तुमान बदलू शकत नाही म्हणून आपण चर्चा करू या नंतर आपण पुढे जाऊ उपग्रह गतीवर चर्चा करा अर्थातच चंद्र हा पृथ्वीचा उपग्रह आहे पण आज आपल्याकडे बरेच कृत्रिम उपग्रह आहेत आपण प्रक्षेपित करत आहोत मोठ्या संख्येने उपग्रह अनेक देश मोठ्या संख्येने उपग्रह प्रक्षेपित करत आहेत आणि भारत आपला देश त्यामध्ये खूप मोठा खेळाडू आहे

त्यामुळे तुम्ही मी लोकांनी टीव्हीवर पाहिले असेल किंवा वर्तमानपत्र वाचले असेल हे आमच्या भारतीय अंतराळ संशोधन संस्थेचे एक उल्लेखनीय पराक्रम आहे  $10$  मिनिटांच्या कालावधीत एका शॉटमध्ये  $100$  हून अधिक उपग्रहांचे प्रक्षेपण केले गेले आहे या समस्येमध्ये खरोखरच खूप आकर्षक कल्पना समाविष्ट आहेत ज्यात संवेग संवर्धन कोनीय संवेगाचे संवर्धन आणि त्यांचे वस्तुमान काय असावे आणि पुढे मी थोडा वेळ घालवण्याचा प्रयत्न करेन त्यांच्यावर आणि नंतर अर्थातच आमच्याकडे प्रसिद्ध भूस्थिर कक्षा आहेत जे अंतर निश्चित करतात या सर्वांचा अभ्यास करताना आम्ही त्यांची चर्चा देखील करू या सर्व गोष्टींचा अभ्यास करताना मी खूप मोठ्या प्रमाणात खेळण्याचे मॉडेल तयार करण्याचा प्रयत्न करेन ज्यामध्ये गुरुत्वाकर्षण बल संवर्धन समाविष्ट आहे कोण किंवा संवेग यांचे संवर्धन, वस्तुमानांचे विघटन आणि त्यासारख्या गोष्टींचे विघटन. तुम्ही संकल्पनांबाबत सोयीस्कर असाल परंतु तुम्ही कसे तयार करावे आणि समस्यांचे निराकरण कसे करावे यावरील तांत्रिकतेमध्ये देखील अधिक पारंगत व्हाल म्हणून ही मूलतः अभ्यासक्रमाची रूपरेषा आहे. म्हणून मी पुढे जाण्यापूर्वी त्याचा परिणाम नक्की काय होतो हे जाणून घेणे आमच्यासाठी महत्त्वाचे आहे गुरुत्वाकर्षणाबद्दल मी तुम्हाला सांगितले की ते मूलभूत शक्तींपैकी एक आहे हे मी काही वेळाने परिभाषित करेन, कदाचित भविष्यातील स्लाइड्सपैकी एक असेल पण त्याची व्याप्ती समजून घेण्यासाठी तुम्हाला हे माहित असले पाहिजे की गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या पलीकडे असलेल्या पृथ्वीच्या पलीकडे असलेल्या जवळजवळ प्रत्येक गोष्टीचे वर्णन करते. पार्थिव म्हणजे पृथ्वीवर जे काही घडते ते शरीर घसरणे इत्यादि इत्यादि नंतर ते ग्रहांच्या गतीचे वर्णन करते म्हणून जर तुम्ही आमच्या सूर्यमालेकडे पाहिले तर ते ग्रहांच्या गतीचे वर्णन करते आणि पृथ्वीच्या मार्गाने आम्ही भरतीच्या घटना देखील समाविष्ट केल्या पाहिजेत न्यून ही पहिली व्यक्ती होती ज्याने ओळखले हे आणि त्याने खरोखरच भरतीची गणना केली आणि आम्ही टी म्हणून भरतीचा समावेश असलेली छोटी समस्या सोडवू शकतो  $o$  उंचीमध्ये किती फरक आहे हे खरं तर खूपच मनोरंजक आहे कारण जरी चंद्राचे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र सूर्याच्या तुलनेत खूपच कमकुवत असले तरीही सर्व पृथ्वी सूर्याभोवती फिरते आणि चंद्राभोवती फिरत नाही तर चंद्र पृथ्वीभोवती फिरतो पण तरीही जेव्हा भरती-ओहोटीच्या घटनांचा विचार केला जातो तेव्हा चंद्राचे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र हे सूर्याच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रापेक्षा जास्त महत्त्वाचे असते म्हणून चर्चा करणे खूप चांगली गोष्ट आहे जरी मी याबद्दल विस्तृतपणे चर्चा करणार नाही पण गुरुत्वाकर्षण गतिशीलतेसाठी जबाबदार आहे ताऱ्यांचे उदाहरणार्थ, आपल्याला माहित आहे की अणु संलयनामुळे सूर्य प्रचंड ऊर्जा निर्माण करत आहे म्हणून जगातील मूळ टोकामाक फ्यूजन अणुभट्टी हे सर्व ताऱ्यांच्या खोल केंद्रात बांधले गेले होते त्यामुळे आता तारे कसे चमकत आहेत हे इतके मोठे तापमान आणि असे कसे आहे? फ्यूजन तुम्हाला माहित आहे की प्रोटॉन आणि न्यून कौलॉम्ब प्रतिकर्षण असूनही एकमेकांच्या अगदी जवळ येऊ शकतात हे गुरुत्वाकर्षण च मुळे आहे  $i$   $e$  लड मग आपल्याकडे आपल्याकडे असलेल्या आकाशगंगा गतिशीलता देखील विविध ताऱ्यांमधील परस्परसंवाद आहे. गॅलेक्टिक डायनॅमिक्समध्ये आकाशगंगा एकत्र कसे असतात किंवा एक आकाशगंगा दुसऱ्या आकाशगंगेशी कसा संवाद साधू शकते याचा समावेश होतो आणि शेवटी आपल्याकडे विश्वासाठी मोठ्या प्रमाणात रचना आहे.

त्यामुळे आपण कल्पना केल्यास की आज आपल्याला माहित आहे की  $10$  ते  $10$  ची शक्ती किंवा  $10$  ते  $12$  आकाशगंगांची शक्ती जे आपले विश्व आहे प्रत्येक आकाशगंगा विश्वातील एका बिंदू प्रमाणे आहे मग आकाशगंगांमधील परस्परसंवाद आणि आपला निसर्ग कसा वागतो हे प्रत्यक्षात नुकसानाने वर्णन केले आहे गुरुत्वाकर्षणाचे संपूर्णपणे न्यूनचे नियम नाहीत तर त्याची सुधारणा आईनस्टाईनने दिलेले त्याचे सामान्यीकरण पण तरीही सर्व पाया न्यूननेच घातला होता म्हणून हे आपण लक्षात ठेवले पाहिजे जसे ते म्हणतात की सर्व जग हे

गुरुत्वाकर्षणाचा एक टप्पा आहे. एक टप्पा

त्यामुळे गुरुत्वाकर्षणाने सुरुवात करण्यासाठी हा पुरेसा चांगला परिचय आणि प्रेरणा असणे आवश्यक आहे म्हणून आपण एका संक्षिप्त पुनरावलोकनाने सुरुवात करूया. मूलभूत डायनॅमिकल संकल्पनांपैकी  $w$  मी किनेमॅटिकल संकल्पनांवर कोणताही वेळ घालवणार नाही त्यामुळे तुमच्याकडे गतीशास्त्र आहे आणि तुमच्याकडे गतीशास्त्र आहे गती प्रवेग इत्यादी या संकल्पनेचा समावेश आहे. मी असे गृहीत धरू की दोन लोक परिचित आहेत की मी दोन गृहीत देखील घेईन लोक या वस्तुस्थितीशी परिचित आहेत की वेग हे स्थानाचे त्वरण हे स्थानाचे दुसरे व्युत्पन्न आहे किंवा वेगाचे व्युत्पन्न मी यावर चर्चा करणार नाही म्हणून आपल्याला डायनॅमिक्सकडे जावे लागेल म्हणून तीन महत्त्वाच्या संकल्पना कोणत्या आहेत चर्चा करणार आहोत आपण प्रथम जडत्वाच्या गॅलिलीयन नियमाचे वर्णन करणार आहोत ज्यामुळे जडत्वाच्या चौकटीची संकल्पना निर्माण होते जी न्यूटनने त्याच्या डायनॅमिक्सच्या सूत्रीकरणामध्ये पहिला नियम म्हणून एन्कोड केली म्हणून गतीचा पहिला नियम प्रत्यक्षात गॅलिलिओच्या दुसऱ्या नियमामुळे होतो. मूलभूत आहे जे विलक्षण महत्त्वाचे आहे शरीरावर लागू केलेल्या शक्तीची क्रिया येथे शब्दावर जोर दिला जातो लागू करा म्हणून आम्ही त्याचे वर्णन करू आणि तिसरा कायदा हा प्रसिद्ध क्रिया आणि प्रतिक्रिया आहे जी प्रत्यक्षात ज्याला आपण संवेगाचे संवर्धन म्हणतो त्याची एक आवृत्ती आहे म्हणून आम्ही ती त्या विशिष्ट प्रकारे तयार करू कारण आम्ही ती तिन्ही वापरणार आहोत मी या विशिष्ट बिंदूवर कोण किंवा संवेगाच्या संवर्धनावर चर्चा करणार नाही ते अभ्यासक्रमाच्या पलीकडे आहे म्हणून जेव्हा आवश्यक असेल तेव्हा आम्ही फक्त तत्त्व सांगू आणि आम्ही त्यांचा वापर करू म्हणून आम्हाला बल आणि जडत्व फ्रेम्स इन्शियल या संकल्पनेपासून सुरुवात करावी लागेल. फ्रेम ही सर्वात महत्त्वाची संकल्पना आहे आणि मला माहित आहे आणि मला खात्री आहे की त्या संकल्पनेवर आयआयटी पाममधील पूर्वीच्या व्याख्यानांमध्ये बराच वेळ घालवला गेला आहे, म्हणून कृपया त्या व्याख्यानांकडे परत जा आणि ते ऐका आणि या दोन व्याख्यानांकडे पुन्हा लक्ष द्या जेव्हा आपण बल आणि जडत्व फ्रेम्स किंवा न्यूटन आणि मार्क मार्क बदल बोलतो तेव्हा महत्त्वाची नावे तयार होतात जडत्व फ्रेमच्या संकल्पनेवर प्रश्नचिन्ह निर्माण होते जडत्व फ्रेमचे महत्त्व  $ei$  या विशिष्ट बिंदूवर यावर चर्चा करणार नाही पण मुळात जिथे व्यावहारिक हेतूंचा संबंध आहे जडत्व फ्रेमच्या संकल्पनेचा पाया गॅलिलिओ आणि न्यूटन यांनी रचला होता हे काही कमी नाही की मार्कने अनेक मूलभूत प्रश्न उपस्थित केले. ज्याने आईन्स्टाईनला त्याच्या सापेक्षतेची सामान्यता विकसित करण्यास प्रवृत्त केले खरे तर त्याने त्याला मार्क तत्त्व म्हटले जरी शेवटी त्याचा सिद्धांत मार्क तत्त्वाशी सहमत नव्हता तर ठीक आहे म्हणून आपण काही संकल्पनांसह सुरुवात करूया ज्यांशी आपण सर्वजण परिचित आहात आणि ते म्हणजे गती एखाद्या शरीराचा म्हणून येथे जेव्हा मी शरीराच्या हालचालीबद्दल बोलतो तेव्हा तो एक बिंदू कण आहे असे गृहीत धरणे चांगले आहे जरी निष्कर्ष त्यापासून स्वतंत्र आहेत कारण ते आपल्या चर्चा सुलभ करते म्हणून आता आपण मूलभूत गोष्टींपासून सुरुवात करूया आपण काय करू असे म्हणण्याचा अर्थ असा की शरीर हालचाल करत आहे म्हणून तेथे आहे ज्याला किनेमॅटिक रिलेटिव्हिटी किनेमॅटिक रिलेटिव्हिटी म्हणतात तर ते काय म्हणते की जर दोन असतील तर ते म्हणतात  $o$  कण  $a$  आणि  $b$  जर  $b$  वेगाने  $v$  गतीने फिरत असेल तर  $a$  च्या संदर्भात तर  $ba$  च्या दृष्टिकोनातून वेग वजा  $v$  ने हलत असेल तर त्याबद्दल काही प्रश्न नाही. त्याचप्रमाणे  $b$  माझ्या संदर्भात  $b$  त्वरण  $a$  सह हलत असेल तर  $b$  च्या संदर्भात  $a$  त्वरण वजा  $a$  सह हलत असेल म्हणून आम्ही त्याला सापेक्ष गती सापेक्ष प्रवेग म्हणतो आणि हे  $a$  आणि  $b$  मध्ये पूर्णपणे सममित आहे यात डायनॅमिक्सची कोणतीही संकल्पना समाविष्ट नाही. सर्व हालचाल सापेक्ष आहे परंतु आपल्याला माहित आहे की जेव्हा जेव्हा आपल्याला एखादे शरीर गतिमान करायचे असते जे आपल्यासाठी खूप महत्त्वाचे असते म्हणून कल्पना करा की हे टेबल आहे आणि हा ब्लॉक आहे या शरीराला गतीमध्ये सेट करण्यासाठी आपल्याला एक शक्ती लागू करावी लागेल किंवा कल्पना करा की हा रस्ता आहे आणि तिथून ही कार वेगाने जात आहे  $v$  तुम्हाला तिचा वेग बदलायचा असेल किंवा तुम्हाला तिचा वेग बदलायचा असेल तर तुम्हाला पुन्हा ब्रेक लावावा लागेल म्हणून जेव्हा आम्हाला बदलायचा असेल तेव्हा शरीराच्या गतीची स्थिती

त्यामुळे शरीराच्या गतीच्या स्थितीत बदल होण्यासाठी बलाची आवश्यकता असते म्हणून पहिल्या उदाहरणात शरीर विश्रांती घेते दुसऱ्या उदाहरणात शरीर एकसमान गतीमध्ये होते त्यामुळे सर्व गती आहे या विधानामध्ये काय समस्या आहे? सापेक्ष आणि मला बल आवश्यक आहे आम्ही आनंदी-गो-राउंडचे एक अगदी सोपे उदाहरण पाहू शकतो. तुम्ही सर्वजण आनंदी-गो-राउंडमध्ये त्यावर बसलात तुम्ही मध्य ध्रुवाभोवती फिरत आहात पण जर तुम्ही त्याच्या आजूबाजूला पाहिले तर बाकीचे जग तुमच्या भोवती फिरत असल्यासारखे दिसेल जसे की बाकीचे जग आता फिरते जेव्हा जेव्हा रोटेशन होते तेव्हा वेगात सतत बदल होत नसला तरीही वेगात सतत बदल होत असतो कारण तुम्हा सर्वांना माहित आहे की माझे प्रवेग  $r$  ने  $v$  वर्गाप्रमाणे आहे त्यामुळे अंतराच्या भिन्नतेसह एक प्रवेग असतो आणि गतीची दिशा स्वतःच कोणत्याही अंतरावर बदलत असते त्यामुळे उर्वरित जगाच्या गतीची स्थिती बदलत असते परंतु सामान्य ज्ञान आपल्या स्वतःचे कौतुक आपण काय करतो अन जेव्हा आपण आपल्या आजूबाजूला पाहतो तेव्हा आपल्याला समजते की जो कोणी आनंदात बसलेला असतो पण बाकीच्या जगावर नाही तर आपल्यावर शक्ती कार्य करत असते, म्हणून दुसऱ्या शब्दांत, गतीशीलतेने जरी सर्व गती सापेक्ष असली तरी गती बदलते. बलाद्वारे फक्त सूर्याच्या फ्रेम्समध्ये योग्यरित्या वर्णन केले जाऊ शकते म्हणून बलांमुळे होणाऱ्या गतीतील बदलासाठी विशेष फ्रेम्स ओळखणे आवश्यक आहे आणि हे सोपे काम नाही, उदाहरणार्थ जर तुम्ही ग्रीक खगोलशास्त्र आणि अॅरिस्टॉटल आणि नंतरच्या काळात ते ज्या पद्धतीने तयार केले होते ते पाहिले तर मध्ययुगीन जोडी लोक असे गृहीत धरतात की पृथ्वी हे विश्वाचे केंद्र आहे आणि सर्व खगोलीय पिंड पृथ्वीभोवती फिरतात म्हणून पृथ्वी स्थिर मानली जात होती आणि सर्व खगोलीय पिंडांना आता भोवती फिरणे अपेक्षित होते जर तुम्ही ग्रह लघुग्रह उल्का आणि अगदी सूर्य पण तुम्ही दूरच्या तारे स्थिर तारे पहा मग तुम्हाला दिसेल की ते सर्व एकाच वेळी उगवतात आणि एकाच वेळी मावळतात. मग ते कुठेही असले तरीही तुम्ही असे विधान करता की त्यांची गतीची स्थिती बलामुळे असली पाहिजे असे आम्हाला म्हणायचे आहे की ते सर्व शक्तींनी कार्य केले आहेत जसे की ते सर्व स्थिर कोनीय वेगाने फिरतात. जे मी एक प्रकारचे निसर्गाचे कट आहे ही अशी गोष्ट आहे ज्याने अनेक खगोलशास्त्रज्ञांना चिंतित केले होते आणि त्यापैकी एक महान भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ अयो भुट्टा होता ज्याने असा युक्तिवाद केला की एक साधे वर्णन असे म्हणायचे आहे की तारे स्थिर आहेत ते अजिबात हलत नाहीत ही वास्तविक पृथ्वी आहे जी त्याच्याभोवती फिरत आहे  $axis$  ज्या क्षणी तुम्ही असे गृहीत धरता की ती पृथ्वी आपल्या अक्षाभोवती फिरत आहे, मग ताऱ्यांची

गोलाकार हालचाल एका स्थिर कालावधीसह कितीही दूर असली तरीही नैसर्गिक वर्णन प्राप्त होते, अर्थातच आपण असे म्हणत नाही की आर्यभट्टला तो काय म्हणत होता हे पूर्णपणे माहीत होते कारण शक्तीची संकल्पना त्या विशिष्ट बिंदूवर फारशी स्पष्ट नव्हती परंतु आम्ही आधीच पाहतो की असा युक्तिवाद करण्यासाठी आणि कृती करणाऱ्या व्यक्तीसाठी एक इशारा आहे ही संकल्पना गॅलिलिओने अतिशय अचूकपणे तयार केली आहे, म्हणून मी वर्णन करतो की मी एका ओळीत या स्लाइडमध्ये मुक्त कणांसाठीचा पहिला नियम आणि सारांश काय सांगते ते असे म्हणतात की जडत्वाच्या चौकटीत कोणतीही शक्ती नाही. प्रवेग हे आपल्यासाठी खूप महत्वाचे आहे दुसऱ्या शब्दांत आपण प्रवेग बघून बलाच्या अस्तित्वाचा अंदाज लावत नाही आपण बल पाहून प्रवेग काय असावा हे खूप महत्वाचे आहे म्हणून आपण काय म्हणतो आहोत असे आपण गृहीत धरतो मुक्त कणांना इतरांपासून वेगळे कसे करायचे हे माहित आहे म्हणून मी वेगळे कसे करावे हे आपल्याला वेगळे करावे लागेल कारण मला माहित आहे की जर बल भौतिक उत्पत्ती असतील तर मला हे शोधता आले पाहिजे की शक्ती शरीरावर कार्य करत आहे की नाही कारण मला आठवते स्पिंग मास सिस्टीममध्ये उदाहरणार्थ बल लागू करणारा एजंट इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक विद्युत परस्परसंवादाच्या बाबतीत स्पिंग आहे तो चुंबकत्वाच्या बाबतीत चार्ज आहे हे बार मॅग्नेट आहे जर मी ते काढून टाकले, उदाहरणार्थ चुंबकाच्या बाबतीत माझ्या लोखंडी रॉडला बल येणे थांबते म्हणून मी एजन्सी काढून टाकली आहे आम्ही असे गृहीत धरतो की आम्हाला आता हे मुक्त कण वेगळे केले की इतरांपासून मुक्त कण कसे वेगळे करायचे हे आम्हाला माहित आहे. त्यांच्या गतीच्या स्थितीशी काहीही संबंध नाही जे माझ्यासाठी खूप महत्वाचे आहे एक मुक्त कण वेगवान असू शकतो परंतु तरीही मला हे माहित असले पाहिजे की त्यावर कोणतीही शक्ती कार्य करत नाही कारण शक्ती भौतिक एजन्सीमुळे होते ती एक भौतिक उत्पत्ती आहे एकदा आम्ही ते केले की मग आम्ही विशेष फ्रेम्स विशेष संदर्भ फ्रेम ओळखतो आणि तुम्हाला या iit पॉलमध्ये संदर्भ फ्रेमच्या संकल्पनेवर तपशीलवार व्याख्यान दिली गेली आहेत आणि त्यांना जडत्व असे म्हणतात त्यामुळे संदर्भाच्या जडत्व फ्रेम्स म्हणजे काय आहेत संदर्भाच्या जडत्व फ्रेम्स फ्रेम्स ज्यामध्ये कोणत्याही शक्तीद्वारे कार्य न केलेले शरीर प्रवेगक होणार नाही म्हणून ते विधान आहे की लागू बल नाही म्हणजे प्रवेग नाही तर याचा अर्थ काय आहे 1 आणि आपण हे आणखी स्पष्ट करतो की जडत्व चौकटीत कोणतेही प्रवेग कोणत्याही बलाशी समतुल्य नसते आणि याचा अर्थ एकसमान वेग याचा अर्थ एकसमान वेग सूचित होतो आणि एकसमान वेग म्हणजे परिमाण दिशा म्हणजे काय हे दोन्ही एका उत्कृष्ट अंदाजानुसार निश्चित केले जातात पृथ्वी ही एक जडत्व फ्रेम आहे परंतु जर तुम्ही खूप काळजीपूर्वक पाहिल तर तुमच्या लक्षात येईल की पृथ्वी आपल्या अक्षाभोवती फिरत आहे. आणि कधीतरी तुमच्या 12 इयत्तेत किंवा 11 व्या इयत्तेत नाही पण नंतर तुम्हाला पृथ्वीच्या फिरण्याचा प्रायोगिक पुरावा मिळेल ज्याला एक अतिशय सुंदर प्रयोग म्हणतात. फोको पेंडुलम जो तुम्हाला सांगेल की पृथ्वी खरोखर तिच्या अक्षाभोवती फिरत आहे , खरेतर इतर प्रकारचे पुरावे आहेत जसे की कोरिओलिस वाऱ्याची दिशा जो उत्तर गोलार्धात वाहतो आणि दक्षिण गोलार्ध ज्याचा तुम्ही अभ्यास करता तेव्हा तुम्ही अभ्यास कराल उत्तरेकडील नदीचा मार्ग सारखे इतर अप्रत्यक्ष पुरावे देखील तेथे केंद्रापसारक आणि कोरिओलिस बल आहेत n गोलार्ध आणि दक्षिण गोलार्ध म्हणून काही पुरावे आहेत परंतु थेट पुरावे फोकल पेंडुलममुळे आहेत परंतु सूर्याभोवती पृथ्वीच्या क्रांतीच्या तुलनेत तो एक छोटासा प्रभाव आहे.

त्यामुळे तुम्ही बाहेर गेल्यास तो एक जडत्व फ्रेम आहे सूर्याचे आणि जर तुम्ही एखाद्या चौकटीत बसलात ज्यामध्ये सूर्य विश्रांती घेत असेल तर ते अधिक चांगले उदाहरण आहे खरेतर न्यूटनने जेव्हा त्याचे नियम तयार केले तेव्हा त्याने संदर्भाची एक फ्रेम घेतली ज्यामध्ये दूरचे तारे निश्चित केले जातील. अर्थातच खूप चांगला अंदाज नाही आहे हे आम्हाला माहित आहे की खूप चांगले गृहीतक आहे कारण सर्व तारे दूर होत आहेत परंतु तरीही ज्ञात बलांचे स्त्रोत काळजीपूर्वक काढून टाकून आपण जडत्व शक्तीसाठी योग्य अंदाजे मिळवू शकू आणि मी असे गृहीत धरू की आपण आहोत अशा स्थितीत अशा जडत्वाच्या चौकटीसाठी आणि त्या जडत्वाच्या चौकटीत कोणतेही बल त्वरण सूचित करत नाही हा अतिशय महत्वाचा मुद्दा आहे म्हणून जडत्वाचा गॅलिलियन नियम आपल्याला काय सांगतो डायनॅमिक्स द्वारे किनेमॅटिकल परिणाम समजावून सांगा आणि येथे डायनॅमिक्स हे शक्तीच्या वापराने नाही तर शक्ती कार्य करत आहे की नाही हे लक्षात घेऊन आहे मग आपण काय म्हणत आहोत असे शरीर शोधा ज्यावर कोणतीही शक्ती कार्य करत नाही मग ती ज्या चौकटीत फिरेल ते ओळखा त्या चौकटीत एकसमान वेगाने एक शरीर पहा जो वेग वाढवत आहे आणि असा निष्कर्ष काढतो की तिच्यावर कार्य करणारी शक्ती असली पाहिजे ही गॅलिलिओची विज्ञानाची मोठी सेवा आहे म्हणून पहिली चर्चा आहे आता आपण दुसऱ्या नियमाकडे आलो आहोत. मोठ्या संख्येने संकल्पना पुन्हा गतीशास्त्रासह गतीशास्त्र एकत्र करतात परंतु किनेमॅटिक्स व्यतिरिक्त दुसऱ्या नियमासाठी मास न्यूटन नावाची एक अतिशय महत्वाची संकल्पना आवश्यक आहे ज्याची व्याख्या केली जाते किंवा पदार्थाचे प्रमाण समजले जाते जे व्हॉल्यूमच्या संकल्पनेपासून वेगळे केले जावे म्हणून व्हॉल्यूम नाही खूप सोपी संकल्पना नाही पण जर तुम्ही असे गृहीत धरले की सर्व पदार्थ लहान कणांपासून बनलेले आहेत, तर हे पाहणे खूप सोपे आहे की ते प्रमाण आहे हरकत त्यांच्यामधला वेगळेपणा म्हणजे फक्त घनता बदलणारा आवाज बदललेल पण ते पदार्थाचे प्रमाण बदलणार नाही म्हणून जोपर्यंत तुम्ही पदार्थ जोडत नाही किंवा तुम्ही पदार्थ काढून टाकत नाही तोपर्यंत वस्तुमान असेल त्याचप्रमाणे तुम्ही एखाद्या फुग्याची कल्पना करू शकता जो विस्तारत आहे उदा. कारण तेथे विशिष्ट दाब आहे कारण वायूच्या रेणूमुळे आवाज बदलत आहे घनता बदलत आहे पण फुग्यातील पदार्थाचे प्रमाण बदलत नाही म्हणून ते असे काहीतरी आहे जे आपल्याला करावे लागेल लक्षात ठेवा की वस्तुमान ही एकूण पदार्थ सामग्री आहे. अर्थातच हा एक मोठा प्रश्न आहे की वस्तुमान इतर कशावर अवलंबून असते, उदाहरणार्थ, हे प्रमाण वस्तु विश्रांतीवर आहे की नाही यावर अवलंबून आहे का? मूव्हिंग न्यूटनने घोषित केले की ते गतीच्या अवस्थेपासून स्वतंत्र आहे म्हणजे गतीची स्थिती म्हणजे काय मी त्या स्लाइडमध्ये देखील लिहिले आहे ती विश्रांतीवर असू शकते कदाचित ती हलवत असेल कदाचित प्रवेग होत असेल किंबहुना त्याचे प्रवेग वेळेनुसार बदलू शकतात कारण सर्व प्रकारचे बल लागू केले जात आहे. किंवा त्या बाबतीत तुम्ही कदाचित चुकीच्या संदर्भाच्या चौकटीतून पाहत असाल. जडत्व चौकटीतून नाही. तुम्ही जे वस्तुमान कराल ते गतिमान आणि गतिमानपणे दोन्ही बदलणार नाही, गतीशीलतेने ते वेगळ्या संदर्भ फ्रेममधून पाहत आहे डायनॅमिक्सली बल बदलत राहून त्यावर कार्य करणारे वस्तुमान हा एक मूलभूत गुणधर्म आहे.

त्यामुळे ते पुढील न्यूटोनियन सूत्र आहे आणि आमच्याकडे याचे उत्कृष्ट पुरावे आहेत कोणीही असे म्हणत नाही की जेव्हा एखादी व्यक्ती कार चालवत असते किंवा विमानात उड्डाण करत असते तेव्हा वस्तुमान बदलले असल्यास एअरलाइन म्हणते की तुम्हाला 25 किलो सामान नेण्याची परवानगी आहे. तुम्ही इथे असाल किंवा हवेत उडत असलात तरीही 25 किलो सामान सारखेच समजले जाते 700

किलोमीटर किंवा 800 किलोमीटर प्रति तास असा वेग म्हणू या यासाठी प्रायोगिक पुरावे आहेत.

त्यामुळे आम्ही असे गृहीत धरणार आहोत की जेव्हा तुम्ही सापेक्षतेचा विशेष सिद्धांत मांडता तेव्हा तुम्ही याचे उल्लंघन कराल आणि त्याचे सामान्यीकरण कराल पण कधीच नाही या टप्प्यावर एकदा विचार करा आम्हाला वस्तुमानाची संकल्पना प्राप्त झाली आम्ही पुढील गोष्टीची आवश्यकता आहे ती म्हणजे संवेग ही संकल्पना म्हणून आम्ही म्हणतो की एक महान संवेग आहे शरीर मोठ्या संवेगाने येत आहे आणि साधारणपणे हे समजले जाते की जेव्हा शरीर येते. मोठ्या गतीचा आपल्यावर खूप मोठा प्रभाव पडेल याचा अर्थ ते मोठ्या वेगाने येत आहे पण हे देखील समजले जाते की वस्तुमान देखील त्याच गतीने महत्त्वाचे आहे मग ती घरातील माशी आहे जी तुम्हाला धडकत आहे. एका असहाय माणसाला घेऊन जाणारा ट्रक एक भिन्न जग आहे म्हणून आम्हाला गतीचे प्रमाण दर्शवायचे आहे म्हणून गतीचे प्रमाण वेग आणि वस्तुमान दोन्हीवर अवलंबून असते. साधारणतः सोप्या अंदाजात ऐवजी सोप्या गृहीतकासह ते अंदाजे नसून वेगामध्ये वस्तुमान असल्याचे घोषित केले आहे आणि हे वस्तुमान वेगात असल्याचे घोषित केले आहे ही व्याख्या देखील सापेक्षतेमध्ये बदलली जात नाही याशिवाय हे वस्तुमान स्थितीवर अवलंबून असेल गतीची त्याबद्दल काही हरकत नाही म्हणून आता आपल्याकडे संवेग ही संकल्पना आहे त्यामुळे आपल्याला जे विधान करायचे आहे ते विधान आपण करू इच्छितो ते म्हणजे वस्तुमान हे केवळ पदार्थाचे प्रमाण नाही तर ते गतीला विशिष्ट प्रतिकार देखील दर्शवते म्हणून जर एखाद्या विशिष्ट बलाला वस्तुमानाच्या एका युनिटची गती बदलण्याची आवश्यकता असेल तर त्याची गतीची स्थिती काहीही असो आम्ही असे गृहीत धरू इच्छितो की आम्ही विश्वास ठेवू इच्छितो आणि नंतर प्रायोगिकपणे सत्यापित करू इच्छितो की कदाचित एकाच बलाच्या दोन युनिट्समध्ये बदल करणे आवश्यक आहे वस्तुमानाच्या दोन संचांची गतीची स्थिती नेमकी त्याच गतीच्या अवस्थेत असते म्हणून आपल्याला त्या प्रकारची जोड हवी असते आणि ती सूत्रात समाविष्ट असते न्यूटनच्या दुसऱ्या नियमावर म्हणून कृपया लक्षात ठेवा की न्यूटनचा दुसरा नियम बल परिभाषित करत नाही ते काय म्हणतात ते म्हणजे जर लागू बल असेल तर तुम्ही स्लाईडवर परत आलात आणि जर तुम्ही ते पाहिले तर मी  $f$  लागू लिहिले आहे ते खूप आहे माझ्यासाठी महत्त्वाचे कारण जर तुम्ही म्हणाल की  $f$   $dp$  ने  $dt$  च्या बरोबरीचा आहे तो अर्थ नाही तो समानता नाही आम्ही म्हणत आहोत की  $f$  लागू केला आहे  $\cos$  आणि  $dp$  ने  $dt$  हा परिणाम आहे हे जाणून घेणे आपल्यासाठी खूप महत्त्वाचे आहे.  $f$  लागू केले म्हणजे एखादी भौतिक एजन्सी आहे कोणीतरी गाडीला ढकलत आहे कोणी दोरी खेचत आहे कोणीतरी दगड सोडत आहे आणि पृथ्वी त्याला आकर्षित करत आहे हे विधान आहे जे आपण बनवू इच्छितो म्हणून हे भौतिक उत्पत्तीचे आहे हे  $dp$  च्या बरोबरीचे आहे  $dt$  द्वारे, तर माझ्याकडे गती आहे जी गतीचे प्रमाण आहे की गतीचे परिमाण बलाच्या वापराने बदलले जाते मग आपण काय म्हणत आहोत हे कारण आहे आणि हा परिणाम आहे हे आपल्यासाठी खूप महत्त्वाचे आहे जर मी असेन तर आत्मविश्वास टी हॅट मी एका जडत्वाच्या चौकटीत बसलो आहे मी लागू केलेल्या बलाचा अंदाज लावण्यासाठी  $dt$  द्वारे  $dp$  देखील वापरू शकतो परंतु नंतर हे सत्यापित करण्यासाठी मी अनेक प्रयोग केले पाहिजेत की ते खरंच लागू केलेल्या बलामुळे आहे जे भौतिकशास्त्र कार्य करते आणि ते काहीतरी आहे आम्ही आत्तापर्यंत लक्षात ठेवण्याचे आहे की गतीचे दोन नियम आम्ही काळजीपूर्वक मांडले आहेत आणि सारांशित केले आहेत मला ते पुन्हा सांगू द्या जेणेकरून ते आपल्या मनात स्थिर होईल पहिला कायदा कण ओळखतो ज्यावर शक्तीद्वारे कार्य केले जात नाही आणि त्यामुळे ते वेगळे होते फ्रेम्सचा एक विशेष वर्ग ज्याला जडत्व फ्रेम्स ऑफ रेफरन्स म्हणतात दुसरा नियम आम्हाला सांगतो कृपया जडत्व चौकटीत बसा आणि त्या जडत्वाच्या चौकटीत तुम्ही बल लागू केल्यास दुसरा नियम म्हणतो की संवेग बदलण्याचा दर लागू केलेल्या बलाच्या समान आहे दुसरा कायदा हेच सांगतो.

त्यामुळे या दोन पायऱ्या आहेत या क्षणी काही उदाहरणे देणे योग्य आहे कारण ती आपल्याला आवश्यक आहेत म्हणून आपण या स्लाईड्सकडे सोप्या गोष्टी पाहू.  $t$  उदाहरण आणि ज्याच्याशी तुम्ही सर्वजण पूर्णपणे परिचित आहात मला खात्री आहे की तुम्ही कितीही समस्या सोडवल्या आहेत ही स्प्रिंग मास सिस्टीम आहे स्प्रिंग मास सिस्टीम समतोल स्थितीभोवती लहान विस्थापनांसाठी हुक कायद्याद्वारे शासित आहे  $f$  समान आहे वजा  $kx$  जेथे  $x$  आहे समतोल स्थितीतून होणारे विस्थापन मग तुमच्याकडे घर्षण बल आहे याची मला पुन्हा खात्री आहे तुमच्या वर्गात आणि या  $iit$   $pal$  व्याख्यानांमध्ये तुम्ही घर्षण असलेल्या मोठ्या संख्येने समस्यांचे निराकरण केले आहे असे तुम्ही सांगितले होते की घर्षण बल हे गुणाकार घर्षण गुणांकाच्या प्रमाणात असते प्रतिक्रिया मग तुम्ही तुम्हाला विचारता की एखादी वस्तू पुढे नेण्यासाठी किमान किती बल आवश्यक आहे आणि पुढे तिसरे बल ज्याच्याशी तुम्ही परिचित आहात किंवा ज्याच्याशी तुम्ही लवकरच परिचित व्हाल ती म्हणजे स्निग्धपणाची संकल्पना तुम्ही स्टोक्सचा समावेश असलेले प्रयोग कराल कायदा म्हणून तुम्ही एक लहान टाकू या पृथ्वीचे गुरुत्वाकर्षण असूनही, एरंडेल तेलात एक धातूची गोळी एक लहान धातूचा गोल करूया  $na1$  फील्ड थोड्या वेळाने ती गोळी टर्मिनल वेगाच्या एकसमान वेगाने हलवेल कारण ते चिकट बलामुळे आहे. तुम्ही सर्वजण लॉरेंट्झ फोर्सशी परिचित आहात म्हणून लॉरेंट्झ फोर्स म्हणजे काय ते मी लिहूया की लॉरेंट्झ फोर्स लॉरेंट्झ फोर्सचे दोन घटक आहेत पहिले एक म्हणजे विद्युत क्षेत्रामुळे येणारे बल दुसरे म्हणजे चुंबकीय क्षेत्रामुळे येणारे बल त्यांना एकत्र जोडतात याला लॉरेंट्झ बल म्हणतात

त्यामुळे हे विद्युत आहे आणि हे चुंबकीय आहे

त्यामुळे तुम्ही या समस्या आधीच सोडवल्या असतील चार्ज कण जातो चुंबकीय क्षेत्रामध्ये वर्तुळाकार कक्षेत किंवा तुम्ही त्याचे निराकरण कराल  $12$  स्टॅंडर्ड मध्ये एकसमान विद्युत क्षेत्रामध्ये ते एकसमान प्रवेग सहन करेल आणि पुढे आणि नंतर अर्थातच आपल्याकडे गुरुत्वाकर्षण बल आहे म्हणून मी मूलतः चार बल सूचीबद्ध केले आहेत

त्यामुळे काय स्प्रिंग मास सिस्टीम ही चार शक्ती आहेत जी मॅक्रोस्कोपिक आहे घर्षण शक्ती जी पुन्हा मॅक्रोस्कोपिक स्निग्धता आहे जी मॅक्रोस्कोपिक आहे लॉरेंट्झ बल जे विद्युत आणि चुंबकीय आहे आणि गुरुत्वाकर्षण बल,

त्यामुळे तुम्ही या स्लाईडकडे पाहिल्यास तुम्हाला दिसेल की शेवटच्या दोन लॉरेंट्झ बल आणि गुरुत्वाकर्षण मी तिर्थक केले आहे ही अक्षरे तिरकी आहेत कारण ती पहिल्या तीनच्या तुलनेत वेगळ्या स्वरूपाची आहेत प्रथम तीन बल ही मूलभूत नसतात जर मला स्प्रिंग मास फ्रिक्शनल स्निग्धता समजून घ्यायची असेल तर मला अधिक प्राथमिक बलांचा परिचय द्यावा लागेल तर लॉरेंट्झ फोर्स मूलभूत आहे लॉरेंट्झ फोर्स गुरुत्वाकर्षण बल मूलभूत आहे यापेक्षा अधिक मूलभूत काहीही नाही आणि उदाहरणार्थ जेव्हा तुम्ही घर्षण शक्ती किंवा स्निग्धता आहे तुमची एकूण ऊर्जा ही एक संरक्षित मात्रा नाही.

तुम्हा सर्वांना माहित आहे की गतिज ऊर्जा आणि संभाव्य ऊर्जा संरक्षित केली जाईल असे सांगूया आपण असे विधान करू इच्छित आहात

की ते चिकट शक्ती किंवा घर्षण शक्तीद्वारे पाळले जाणार नाहीत. याचा अर्थ असा नाही की ऊर्जा स्वतःच संरक्षित नाही, इतर शक्ती आहेत जे आम्ही विचारात घेत नाही तुम्ही हे सर्व विचारात घेतल्यास उर्जेचे संवर्धन होईल पण गुरुत्वाकर्षण आणि लॉरेन्ट्झ बल वेगळ्या लीगमध्ये आहेत ते मूलभूत आहेत म्हणून जेव्हा आपण असे करतो तेव्हा एकूण ऊर्जा किंवा एकूण गती किंवा एकूण कोनीय संवेग हे एक संरक्षित प्रमाण असावे म्हणून पहिल्या तीनच्या तुलनेत हे दोन भिन्न श्रेणीचे भिन्न स्वरूपाचे आहेत किंवा उदाहरणार्थ जेव्हा मी स्प्रिंग मास सिस्टमकडे लहान विस्थापनांसाठी पाहतो तेव्हा मी मागे गेलो तर मी ते येथे लिहू आणि

त्यामुळे संकल्पना अगदी स्पष्ट होईल

त्यामुळे मला स्प्रिंग मास सिस्टीम बघू द्या म्हणजे मी बल लिहिल्यास मी मायनस  $kx$  असे लिहीन पण हे फक्त लहान विस्थापनांसाठीच वैध आहे

त्यामुळे जर मी या स्प्रिंगला थोडे अधिक ताणले तर ते अणू उचलू शकते जसे वजा  $k$  प्राइम  $x$  क्यूब इत्यादि इत्यादि इत्यादि म्हणून मी कोणत्या प्रकारचे विस्थापन देतो यावर अवलंबून बल कायदा सतत बदलत राहतो

त्यामुळे सिमीमध्ये ते मूलभूत बल नाही जर मी स्निग्धता किंवा घर्षण बघितले तर ते लहान वेगांसाठी स्थिर असू शकते जे तुम्ही जेव्हा एखाद्या खडबडीत पृष्ठभागावर सर्फवर जाणाऱ्या ब्लॉकची समस्या सोडवता तेव्हा ते खूप मोठ्या वेगाने वेगाच्या प्रमाणात असू शकते. ते  $v$  स्केअरच्या प्रमाणात असू शकते उदाहरणार्थ जर जेट विमान पुन्हा जात असेल तर तुम्ही पाहाल की घर्षण बल किंवा स्प्रिंग द्रव्यमान किंवा स्प्रिंग मास सिस्टीमचे स्वरूप तुमचे विस्थापन काय आहे यावर अवलंबून आहे तुमचा वेग किती आहे यावर अवलंबून आहे बदलत राहते पण जेव्हा तुम्ही लॉरेन्ट्झ बल किंवा गुरुत्वाकर्षण बल पाहता तेव्हा ते कशावरही अवलंबून नसतात ते सर्व अंतरावर वैध असतात ते सर्व क्षणी सर्व वेगांवर वैध असतात ही सर्वात महत्वाची गोष्ट आहे आणि म्हणूनच आम्ही म्हणतो स्प्रिंग मास सिस्टीम घर्षण बल स्निग्धता इत्यादि इत्यादि ते सर्व व्युत्पन्न प्रभावी बल आहेत तर लॉरेन्ट फोर्स आणि गुरुत्वाकर्षण मूलभूत आहेत आता इतर मूलभूत बल आहेत मी तिसऱ्या कायद्याच्या निर्मितीकडे पुढे जात आहे, तिसरा कायदा आमच्यासाठी अतिशय महत्त्वाचा कायदा आहे कारण दुसऱ्या कायद्यात आपण फक्त लागू केलेल्या शक्तीकडे पाहतो आणि आपण एक फरक केला आहे. म्हणून मी ते लिहून ठेवूया म्हणजे इथेच तुम्हाला दिसेल न्यूटनच्या अलौकिक बुद्धिमत्तेमध्ये एक विषमता आहे म्हणून मी लिहितो की  $f$  लागू  $dp$  बरोबर  $dt$  आहे हा एजंट काँस आहे आणि हा प्रभाव आहे म्हणून मी म्हणतो पृथ्वी आणि हा एक बॉल आहे जो मुक्तापणे पडत आहे तेथे विषमता आहे कारण पृथ्वी बॉलला हालचाल करण्यास कारणीभूत आहे आणि मला बॉलच्या हालचालीमध्ये स्वारस्य आहे कारण पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण क्षेत्रामुळे मला काळजी नाही की हा बॉल पृथ्वीवर कार्य करत आहे की नाही

त्यामुळे न्यूटनचा दुसरा नियम काही अर्थाने वैध असेल तर शरीर अ ने शरीरावर ब वर शक्ती लागू केली परंतु शरीर ब ने प्रतिउत्तर दिले नाही अशा गोष्टी निसर्गात वास्तविक जीवनात घडतात म्हणून अशी अनेक मनोरंजक विधाने आहेत जसे की अ ब चा मित्र व्हायला आवडेल पण आम्हाला मित्र व्हायला आवडणार नाही ची गरज नाही  $t$  त्या विशिष्ट प्रकारची सममिती असणे बरोबर हे संबंध आहेत  $a$  एका विशिष्ट पद्धतीने  $b$  शी संबंधित आहे असे सूचित करणे आवश्यक नाही  $b$  चा  $a$  शी संबंधित आहे त्याच पद्धतीने ही एक वेगळी गोष्ट असू शकते परंतु न्यूटनचा तिसरा नियम सममिती म्हणून स्थापित केला आहे आणि हे सममिती अतिशय सुंदर पद्धतीने प्रस्थापित करते

त्यामुळे ते काय म्हणते माझ्याकडे एक शरीर आहे आणि माझ्याकडे ब आहे आता जेव्हा मी म्हणतो की एक विशिष्ट प्रकारे  $b$  वर कार्य करते आणि मी ते  $f = a$  क्रॉस  $b$  म्हणून लिहित आहे लक्षात ठेवा वेग संवेग प्रवेग बल कोणीय संवेग ते सर्व वेक्टर आहेत म्हणून मी ते या दिशेने ठेवतो आता आपण असे म्हणूया की मी  $b$  कडे पाहत नाही परंतु मी  $a$  पाहतो आणि मी विचारू की  $ab$  on  $ai$  द्वारे कार्य केलेले बल काय असू शकते असा प्रश्न विचारा आणि मी लिहीन  $f = a$  ओह मला माफ करा इथे हे असले पाहिजे अह हे बरोबर आहे  $b$  वर अभिनय करत आहे  $f = b$   $a$  वर अभिनय करत आहे आणि इथे  $f = a$  आहे  $b$  वर अभिनय करत आहे तर मी काय म्हणतोय  $b$  च्या गतीचा बदल आहे  $a$  च्या क्रियेमुळे  $a$  चा संवेग बदलतो  $a$  मुळे न्यूटनच्या तिसऱ्या नियमावरील  $b$  ची क्रिया एक मूलभूत संबंध प्रस्थापित करते गुणात्मक रीतीने न्यूटनचा नियम आपल्याला सांगतो की जर  $bb$  वरील कृतीने एखाद्यावर कार्य केले पाहिजे तर ते एकतर्फी परस्परसंवाद असू शकत नाही ते एकमार्गी व्यवहार असू शकत नाही हे शक्य नाही परंतु त्याहून अधिक हे असे म्हणते की  $b$  मुळे  $a$  चे बल हे  $b$  च्या ऋणाच्या बल बरोबर आहे ठीक आहे हे सदिश चिन्ह कणावर नसून बलावर असले पाहिजे मला त्याबद्दल क्षमस्व आहे म्हणून ते एकमेकांचे ऋण आहेत हे खूप महत्त्वाचे आहे परिमाणात समान आहेत परंतु ते विरुद्ध दिशेने आहेत म्हणून जर तुम्ही असे केले तर एक साधा व्यायाम आहे जो मी तुम्हाला सोडू इच्छितो आणि तो व्यायाम कोणता आहे मला ते पूर्ण करायचे नाही आणि तुम्ही परत गेलात तर जर तुम्ही या स्लाइडवर एका मिनिटासाठी परत गेलात तर मी एक समीकरण लिहिले आहे म्हणून कृपया ती स्लाइड पहा आणि ती स्लाइड तुम्हाला काय सांगते ती तुम्हाला सांगते की  $dp_1$  बाय  $dp_2$  बरोबर  $0$  बरोबर थोडासा नोटेशन जुळत नाही  $p_1$  हा  $ap_2$   $i$  चा संवेग आहे तिसरा नियम बी चा संवेग तुम्हाला सांगतो की एकूण संवेग हे एक संरक्षित प्रमाण आहे म्हणून कृपया हे एक व्यायाम म्हणून घ्या मग तुम्हाला ते पटत असेल तर आम्ही गुरुत्वाकर्षणाच्या सार्वभौमिक चर्चा करण्यासाठी पाया घातला आहे. पुढील व्याख्यानात घेऊ

त्यामुळे धन्यवाद तुमचा दिवस चांगला जावो