

तुम्हा सर्वांना सुप्रभात आम्ही इलेक्ट्रोस्टॅटिक्सवर आमची चर्चा

सुरू ठेवतो म्हणून आज आम्ही इलेक्ट्रोस्टॅटिक्समधील एक अतिशय महत्त्वाचा विषय सुरू करू जो इलेक्ट्रोस्टॅटिक संभाव्य ऊर्जा आहे तुम्ही सर्वांनी गुरुत्वाकर्षण क्षेत्राविषयी शिकलात आणि जेव्हा तुमच्याकडे एखादी वस्तू असेल तेव्हा गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र आपल्याला ऑब्जेक्ट हलविण्यासाठी अतिरिक्त बल वापरण्याची आवश्यकता आहे म्हणून कल्पना करा की आपल्याकडे येथे भूपृष्ठ आहे आणि मला एखादी वस्तू एका विशिष्ट उंचीवरून दुसऱ्या उंचीवर हलवायची आहे म्हणून एक गुरुत्वीय शक्ती आहे जी वस्तू खेचण्याचा प्रयत्न करित आहे खाली आणि मला ऑब्जेक्टला वर नेण्यासाठी गुरुत्वाकर्षण क्षेत्राविरुद्ध शक्ती लागू करणे आवश्यक आहे आणि म्हणून मला ऑब्जेक्टला एका विशिष्ट उंचीवरून मोठ्या उंचीवर नेण्यासाठी काम करावे लागेल म्हणजे मी जे काम करत आहे ते प्रत्यक्षात फॉर्ममध्ये साठवले जाईल ऑब्जेक्टच्या संभाव्य ऊर्जेची म्हणून संभाव्य उर्जा मी संभाव्य उर्जा परिभाषित करू शकतो याचा अर्थ असा की मी ऑब्जेक्टमध्ये काही ऊर्जा आहे येथे मी ऑब्जेक्ट एका उंचीवरून हलवतो आणि एका उंचीवर मी वस्तूला गुरुत्वाकर्षण क्षेत्राच्या विरुद्ध हलवत आहे आणि मी त्या वस्तूवर काम करत आहे आणि म्हणून जेव्हा बाह्य शक्ती सिस्टमवर कार्य करते तेव्हा प्रणालीची ऊर्जा वाढते आणि

त्यामुळे ऑब्जेक्टची संभाव्य ऊर्जा येथे वाढते म्हणून हे आहे गुरुत्वाकर्षण क्षेत्राचे उदाहरण ज्याचा तुम्ही आधी अभ्यास केला असेल खरे तर मी ऑब्जेक्ट येथे सोडल्यास ऑब्जेक्ट स्वतःहून खाली पडतो फील्ड ऑब्जेक्टला खाली खेचते आणि ऑब्जेक्टची संभाव्य उर्जा गतीज उर्जेमध्ये रूपांतरित होते आपल्याकडेही अशीच परिस्थिती आहे इलेक्ट्रोस्टॅटिक्समध्ये जिथे आपण इलेक्ट्रोस्टॅटिक संभाव्य उर्जा परिभाषित करू शकतो, म्हणून समजा की मी असे गृहीत धरू की एकसमान इलेक्ट्रिक फील्ड खाली दिशेने निर्देशित करते अहो मी याला  $x$  अक्ष म्हणतो हा काही अक्ष आहे ज्याला  $z$  अक्ष म्हणतात म्हणून माझ्याकडे एकसमान आहे इलेक्ट्रिक फील्ड खाली दिशेला दिशेला आहे म्हणून जर माझ्याकडे इथे चार्ज असेल तर मला चार्ज  $q$  घेऊ द्या म्हणू म्हणजे चार्ज  $q$  वर इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्सने क्रिया केली जाईल ई चार्जच्या चिन्हावर अवलंबून इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स एकतर खाली किंवा वरच्या दिशेने असते त्यामुळे या बिंदूपासून चार्ज हलविण्यासाठी मला एक बाह्य बल लागू करावा लागेल आणि त्या प्रक्रियेत बाह्य शक्ती प्रणालीवर कार्य करते म्हणून मी असे गृहीत धरू.

माझ्याकडे या बिंदूवर एक वस्तू आहे म्हणून मी या स्थितीला  $x_i$  असे म्हणू आणि या स्थितीचा  $x_f$  म्हणजे प्रारंभिक  $f$  म्हणजे अंतिम आहे म्हणून माझे विद्युत क्षेत्र खालच्या दिशेने निर्देशित केले आहे जेणेकरून आपण येथून पाहू शकता की विद्युत क्षेत्र काही स्थिर वेळा आहे.

वजा चिन्हाने विद्युत क्षेत्र वजा  $x$  दिशेत  $x$  दिशेकडे निर्देश करित आहे, तर चार्जवर विद्युत्विद्युत बळ किती आहे ते वजा  $qe$  शून्य आहे  $i$  कॅप म्हणजे विद्युत्-विद्युत-विद्युत-विद्युत-विद्युत बल आहे ज्यावरून चार्ज हलविण्यासाठी वस्तू हलविण्यासाठी  $x_i$  ते  $x_f$  ला बाह्य बल लागू करणे आवश्यक आहे जे यातील ऋण  $f$  इलेक्ट्रिक आहे जे  $qe$  नॉट  $i$  कॅपच्या बरोबरीचे आहे म्हणून मला त्याच्या वरच्या दिशेने एक बल लागू करावा लागेल चार्ज हलवण्यासाठी  $re$  हलवायचे आहे म्हणजे मला बाहेरून लागू होणारे बल आहे आणि मला

जे अंतर हलवायचे आहे ते अंतर किती आहे ते मला हलवायचे आहे  $ah$  आहे म्हणून मी याला  $l$  वेक्टर  $xf$  वजा  $x_i$  म्हणूया  $i$  कॅप मध्ये  $x_i$  पासून सुरू करा आणि  $xf$  कडे जा आणि मी अशा प्रकारे येथून इकडे फिरत आहे

त्यामुळे मी ज्या अंतराने पुढे जात आहे त्या लांबीची लांबी  $xf$  वजा  $x$  आय कॅपमध्ये आहे

त्यामुळे वर बाह्य शक्तीने कार्य केले आहे चार्ज हे  $f$  बाह्य बिंदू  $l$  च्या बरोबरीचे आहे

जे  $xf$  वजा  $x_i$  मध्ये  $qe$  शून्याच्या बरोबरीचे आहे म्हणून जर मी या उंचीला  $h$  म्हटले तर हे  $qe$  शून्य  $h$  च्या बरोबरीचे आहे म्हणून चार्ज  $x_i$  वरून  $xf$  वर हलवण्याचे हे कार्य बाह्य शक्तीने केले आहे आणि हे कार्य चार्जच्या संभाव्य उर्जेच्या रूपात साठवले जाते कृपया लक्षात घ्या की हे चार्जवरील बाह्य शक्तीने केलेले कार्य आहे म्हणून हे समीकरण सर्व प्रकारच्या शुल्कांसाठी खरे आहे म्हणून मी येथे एक आकृती काढण्याचा प्रयत्न करूया जी विविध शुल्कांसह काय होते ते पाहतो म्हणून माझ्याकडे आहे इलेक्ट्रिक फील्ड खाली दिशेला करत आहे म्हणून समजा माझा चार्ज पॉझिटिव्ह होता आणि मी इथून इकडे जातो

त्यामुळे केलेले काम  $qe$  शून्य  $h$  च्या बरोबरीचे आहे आणि  $q$  पॉझिटिव्ह आहे

त्यामुळे  $w$  शून्यापेक्षा मोठे आहे म्हणजे मला या चार्टवर काम करणे आवश्यक आहे या बिंदूपासून या बिंदूपर्यंत  $x_i$  ते  $xf$  पर्यंत नेताना , जर मी चार्जच्या प्रारंभिक उर्जेला  $u_i$  आणि अंतिम उर्जा  $u_f$  असे म्हटले तर तुम्ही येथे पहात आहात या प्रकरणात  $u_f$  ही  $u_i$  पेक्षा मोठी आहे या बिंदूवरील संभाव्य उर्जा संभाव्यतेपेक्षा जास्त आहे या टप्प्यावर उर्जा आहे म्हणून मला चार्जवर पॉझिटिव्ह चार्ज घेऊन इथून इथपर्यंत काम करावे लागेल आता चार्ज ऋण असेल तर काय होईल, जर चार्ज उणे  $q$  पुन्हा  $x_i$  ते  $xf$  असेल तर आता या प्रकरणात काम झाले आहे  $qe$  शून्याच्या समान  $h$  शून्यापेक्षा कमी आहे कारण  $q$  ऋण आहे  $q$  येथे ऋण आहे

त्यामुळे जर प्रारंभिक ऊर्जा पुन्हा  $u_i$  असेल आणि मर्यादित ऊर्जा  $u_f$  असेल तर या प्रकरणात  $u_f$  ही  $u_i$  पेक्षा कमी आहे म्हणून मी अशा प्रकारे फिरत आहे

त्यामुळे सकारात्मक चार्ज हलवताना  $x_i$  पासून  $xf$  पर्यंत

नकारात्मक चार्जसह चार्ज  $x_i$  वरून  $xf$  वर हलवताना चार्जची संभाव्य उर्जा वाढली आहे संभाव्य उर्जा कमी झाली आहे काय होत आहे या दोन प्रकरणांमध्ये काय फरक आहे या प्रकरणात सकारात्मक चार्ज वर इलेक्ट्रोस्टॅटिक बल होते पॉझिटिव्ह चार्ज जो खालच्या दिशेने होता आणि मी येथे इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्सच्या विरुद्ध चार्ज हलवत आहे नकारात्मक चार्जसाठी इलेक्ट्रिक फील्ड खाली निर्देशित करत आहे आणि मी ऋण चार्जवरील बल वरच्या दिशेने जाण्याचा प्रयत्न करत आहे आणि म्हणून माझी हालचाल त्याच्या दिशेने आहे इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स आणि ज्या बाबतीत फील्ड चार्जवर कार्य करते आणि

त्यामुळे चार्ज ऋण बाहेर येतो आणि केलेले कार्य ऋण बाहेर येते म्हणजे चार्जची अंतिम उर्जा सुरुवातीच्या उर्जेपेक्षा कमी असते म्हणून आपण हे करू शकता सारखे प्लॉट करा उदाहरणार्थ जर विद्युत क्षेत्र खालच्या दिशेने निर्देशित करत असेल आणि माझा चार्ज इकडून तिकडे जात असेल तर हा  $x_i$  आहे हा  $xf$  आहे तर पॉझिटिव्ह चार्ज असेल तर मी इलेक्ट्रिक फील्डच्या दिशेने फिरत आहे

त्यामुळे तुम्ही दाखवू शकता की  $u_f$  हा  $u_i$  पेक्षा कमी आहे इतर बाबतीत जेथे  $e$  असा आहे आणि जर माझ्याकडे ऋण चार्ज असेल आणि अशा प्रकारे हलवून  $x_i$  वरून  $x_f$  कडे जात असेल

चार्जवरील इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स वरच्या दिशेने आहे आणि मी विरुद्ध पुढे जात आहे

त्यामुळे  $u_f$  येथे  $u_i$  पेक्षा मोठा आहे म्हणून मला इलेक्ट्रोस्टॅटिक बलाच्या विरुद्ध चार्ज हलवायचा असल्यास इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्सच्या दिशेवर अवलंबून असते, चार्जवर बाह्य एजंटने केलेले कार्य सकारात्मक असते आणि

त्यामुळे संभाव्य उर्जा वाढते जर हालचाल इलेक्ट्रोस्टॅटिक बलाच्या चार्जच्या दिशेने असेल तर कार्य नकारात्मक असेल आणि संभाव्य उर्जा कमी होईल हे देखील गुरुत्वाकर्षणाच्या परिस्थितीशी सुसंगत आहे जिथे मला गुरुत्वाकर्षण क्षेत्राच्या विरुद्ध जावे लागेल.

गुरुत्वाकर्षण शक्तीच्या दिशेने गेल्यास संभाव्य उर्जा वाढते आणि संभाव्य उर्जा गुरुत्वाकर्षण आणि ई मधील फरक कमी करते लेक्ट्रोस्टॅटिक्स हे गुरुत्वाकर्षणात असते तिथे आकर्षणाची फक्त एक शक्ती असते तिथे प्रतिकर्षणाचे कोणतेही ध्रुव नसते तर

इलेक्ट्रोस्टॅटिक्सच्या बाबतीत तुमच्याकडे एकतर आकर्षण किंवा तिरस्करणीय बल असू शकतात आणि

त्यामुळे तुमच्याकडे विद्युत क्षेत्राविरुद्ध किंवा बाजूने फिरणाऱ्या सकारात्मक आणि नकारात्मक शुल्कांचे संयोजन असू शकते .

डायरेक्शनल इलेक्ट्रिक फील्ड म्हणून मी ते तुमच्यावर ई पॉइंटिंगसाठी समान आकृत्या काढण्याचा व्यायाम म्हणून सोडतो जेणेकरून तुम्ही इलेक्ट्रिक फील्ड वरच्या दिशेने निर्देशित करत आहे याचा सराव करू शकता चार्ज प्लस क्यू वर अवलंबून प्रारंभिक आणि अंतिम

ऊर्जा काय आहेत ते वाढतात किंवा कमी होतात.

किंवा उणे  $q$  आणि तुम्ही वरच्या दिशेने किंवा खालच्या दिशेने जात आहात म्हणून मी हा एक छोटासा व्यायाम तुमच्यासाठी सोडतो आणि यामुळे तुम्हाला हे समजण्यास मदत होईल की आता विविध परिस्थितींमध्ये संभाव्य उर्जा वाढते की कमी होते,

जे मी नुकतेच पाहिले आहे.

चार्ज उभ्या एका बिंदूपासून दुसऱ्या बिंदूवर आता याचा अर्थ असा होतो की माझी हालचाल उभी असू शकत नाही मी खालील समस्येचा विचार करतो ही माझी  $x$  हा  $z$  अक्ष आहे

त्यामुळे विद्युत क्षेत्र पुन्हा सर्वत्र एकसमान विद्युत क्षेत्र खालच्या दिशेने निर्देशित करत आहे

त्यामुळे माझे उद्दिष्ट येथे एका बिंदूपासून दुसऱ्या बिंदूकडे जाणे आहे

त्यामुळे मी या बिंदूच्या  $x$  आणि  $z$  आणि या बिंदूच्या समन्वयांना कॉल करू.

$x$  हा  $z$  आहे म्हणून मी  $x$  पासून सुरू करतो आणि मला या बिंदूकडे जायचे आहे म्हणून मला याला  $a$  कॉल करू दे आणि मला या  $b$  ला कॉल करू दे

त्यामुळे मला चार्ज हलवावा लागेल मला सकारात्मक चार्ज घेऊ द्या मला  $a$  ते  $b$  पर्यंत  $q$  अधिक चार्ज करावा लागेल आता साहजिकच माझ्याकडे  $a$  ते  $b$  चार्ज घेण्यासाठी वेगवेगळे मार्ग असू शकतात उदाहरणार्थ प्रथम क्षैतिजरित्या पुढे जाऊ शकतो आणि नंतर अनुलंब जाऊ शकतो मला या मार्गाला कॉल करू द्या मी प्रथम अनुलंब जाऊ शकतो आणि नंतर क्षैतिज जाऊ शकतो मला या मार्गाला दोन कॉल करू द्या किंवा मी जाऊ शकतो या मार्ग तीन प्रमाणे सरळ सरळ आहे

त्यामुळे मी एकतर येथे प्रथम चार्ज क्षैतिजरित्या घेऊ शकतो आणि नंतर वर घेऊ शकतो किंवा मी ते प्रथम समान उंचीपर्यंत आणि नंतर क्षैतिज घेऊ शकतो किंवा मी ते  $a$  ते  $b$  पर्यंत कोनात घेऊ शकतो.

या तीन मार्गांवर  $a$  ते  $b$  कडे चार्ज हलवण्यामध्ये काय काम केले आहे हे आपण मोजण्याचा प्रयत्न करू या, म्हणून मी आता पथ एक पाहू, मार्ग एक म्हणून मी याला  $c$  कॉल करू आणि मला याला  $d$  म्हणून मार्ग एक म्हणू दे.

$a$  वरून  $c$  वर जा आणि नंतर  $c$  वरून  $d$  म्हणून  $a$  वरून  $c$  मध्ये जाताना मला केलेल्या कामाची गणना करू या म्हणजे आपण पूर्वीप्रमाणेच विद्युत क्षेत्र उणे आहे आणि शून्य आहे  $i$  कॅप 1 वेक्टर जो मी  $a$  वरून  $c$  कडे जात आहे  $ah$   $z$  वजा  $zi$  मध्ये  $k$  कॅप बरोबर आहे हे लक्षात ठेवा  $c$  चे निर्देशांक प्रत्यक्षात  $xizf$  आहेत म्हणून मी  $x$  समन्वय बदलत नाही मी फक्त  $z$  समन्वय बदलतो आणि म्हणून  $a$  ला  $c$  ला जोडणारा हा वेक्टर  $z$  चे वजा  $zi$  मध्ये आहे.

$k$  कॅप म्हणजे  $a$  ते  $c$  मध्ये चार्ज हलवताना केलेले कार्य  $ah$  च्या बरोबरीचे आहे म्हणून  $f$  बाह्य डॉट  $d1$  डॉट सॉरी 1 आणि  $f$  बाह्य हे वजा  $f$  इलेक्ट्रोस्टॅटिक्स डॉट 1 वेक्टर आहे जे प्लस  $e$  शून्य  $i$   $q$  मध्ये कॅप करते जे चार्ज आहे माझ्याकडे बल चौ.

गुणिले इलेक्ट्रिक फील्ड डॉट  $z$  वजा  $zi$  मध्ये  $k$  कॅप आहे जे समान आहे शून्य कडे कारण  $i$  बिंदू  $k$  शून्या बरोबर आहे त्यामुळे मी  $a$  वरून  $ci$  कडे जात आहे असे कोणतेही कार्य करावे लागत नाही जे थोडेसे स्पष्ट होते कारण आता इलेक्ट्रोस्टॅटिक बल अनुलंब आहे आणि मी क्षैतिज हलवित आहे

त्यामुळे विस्थापन लंब आहे इलेक्ट्रिक फील्ड म्हणून हे विस्थापन मी लागू करत असलेल्या शक्तीला लंब आहे आणि मला लागू करावे लागेल आणि म्हणून मला  $a$  पासून  $c$  पर्यंत चार्ज घेण्यासाठी कोणतेही काम करावे लागणार नाही आता  $c$  ते  $b$  पर्यंत केलेल्या

कामाची गणना करावी लागेल आणि हे अनुलंब हलवण्याकरिता केलेल्या कामाची गणना करण्यापूर्वी आपण आत्ताच गणना केली आहे आणि असे घडते म्हणून पूर्ण केलेले काम  $qe$  शून्य मध्ये  $xf$  वजा  $xi$  च्या बरोबरीचे आहे म्हणून  $a$  ते  $b$  कडे  $c$  द्वारे हलवताना एकूण काम केले आहे म्हणजे  $a$  ते  $c$  आणि हे  $c$  ते  $b$  एकूण केलेले काम प्रत्यक्षात  $qe$  नॉट  $xf$  वजा  $xi$  च्या बरोबरीचे आहे.

आता मी या दुसऱ्या मार्गाच्या दोन मार्गासाठी गणना करण्याचा प्रयत्न करतो जो  $a$  पासून  $d$  वर जातो आणि नंतर  $d$  पासून  $b$  पर्यंत जातो म्हणजे प्रथम  $a$  ते  $d$  आहे  $a$  ते  $d$  हे मूलतः जाणे आहे या बिंदूपासून उभ्या उभ्या आहेत

त्यामुळे या दोघांचा  $z$  समन्वय समान  $x$  समन्वय बदलला आहे, ज्याप्रमाणे आपण जे केले त्याप्रमाणे चार्ज उभ्याने वर घेतला जातो, त्यामुळे  $a$  ते  $d$  पर्यंत गेलेले काम

$qe$  नॉट  $xf$  वजा मध्ये समान आहे.

$xi$  ला  $d$  ते  $b$  कडे जाताना जसा  $a$  मधून  $ci$  वर जाताना इलेक्ट्रोस्टॅटिक फील्डला लंब हलवावे लागते आणि

त्यामुळे कोणतेही काम केले जात नाही

त्यामुळे d ते b कडे जाणारे काम शून्याच्या बरोबरीचे असते

त्यामुळे बाहेरील शक्तीने हालचाल करताना एकूण कार्य केले जाते a ते b by rd समान आहे qe naught xf उणे xi जे चार्जला a वरून b कडे c द्वारे हलवताना केलेल्या कामासारखेच आहे या दोन संज्ञा समान आहेत म्हणून आता मी मोजू या पासून पुढे जाताना काय काम केले आहे a ते b मार्ग तीन बरोबर मार्ग तीन आता एका कोनात सरळ नाही

त्यामुळे मार्ग तीन म्हणजे मार्ग तीन माझ्याकडे मूलतः a ते b कडे तिरकस दिशेने फिरत आहे म्हणून मी हा वेक्टर 1 वेक्टर मोजू या मार्ग 3 1 वेक्टर साठी

ic मध्ये xf वजा x बरोबर आहे ap अधिक zf वजा zi मधील k कॅपकडे पहा या बिंदूमध्ये xizi या बिंदूमध्ये xfzf समन्वय आहेत

त्यामुळे xizi ला xfzf जोडणारा हा सदिश xf वजा xii कॅप अधिक z आहे वजा zik कॅप आणि बाह्य बल पुन्हा ah वजा बरोबर आहे विद्युत शक्तीचे जे qe नॉट i कॅपच्या बरोबरीचे आहे

त्यामुळे केलेले कार्य f बाह्य डॉट l च्या बरोबरीचे आहे जे qe naught i cap dot xf वजा xii कॅप अधिक zf वजा zik कॅप आहे जे qe शून्य xf वजा xi शिवाय दुसरे काहीही नाही कारण आय कॅप डॉट के कॅप शून्याच्या बरोबरीचे आहे जे a ते b ते c द्वारे चार्ज घेण्याच्या कामासारखे आहे, म्हणून आपण इलेक्ट्रोस्टॅटिक केससाठी जे पाहिले आहे ते a ते b मध्ये जाताना केलेले कार्य समान आहे की नाही मी a ते b कडे ac द्वारे किंवा d द्वारे किंवा a मधून b कडे सरळ जातो खरं तर तुम्ही a आणि b ला जोडणारा कोणताही अनियंत्रित मार्ग घेऊ शकता आणि तुम्हाला आढळेल की a मधून b मध्ये जाण्याचे काम qe पूर्वीसारखेच आहे.

शून्य xf उणे xi तर हे काय दाखवते आम्हाला दाखवते की केलेले कार्य हे मार्गापासून स्वतंत्र आहे, ही एक अतिशय महत्त्वाची संकल्पना आहे की या अशा शक्तींना पुराणमतवादी बल म्हणतात, गुरुत्वीय बल देखील पुराणमतवादी बल आहे जे वस्तुमान एका स्थानावरून दुसऱ्या स्थितीत हलविण्याचे कार्य घेतलेल्या मार्गापासून स्वतंत्र आहे.

आणि हे पुराणमतवादी शक्तीचे एक उदाहरण आहे म्हणून जर तुम्हाला एका सुरुवातीच्या बिंदूपासून दुसऱ्या अंतिम मुद्द्यावरून चार्ज घ्यायचा असेल तर तुम्ही कोणत्या मार्गाचा अवलंब करत आहात हे महत्त्वाचे नाही, मला दुसरे उदाहरण म्हणून घेऊ द्या कारण या प्रकरणात आम्ही जे घेतले होते ते होते.

एक इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स जे एकसमान होते ते आता मला एक केस घेऊ द्या ज्यामध्ये इलेक्ट्रोस्टॅटिक फील्ड एकसमान नाही आणि ते एक पॉइंट चार्ज आहे म्हणून मला पॉइंट चार्ज घेऊ द्या q म्हणून येथे माझा चार्ज आहे म्हणून मला प्रारंभिक बिंदूपासून या अंतरावर जायचे आहे ri फायनल पोजिशनवर rf ठीक आहे ते माझे आहे

त्यामुळे मला चार्जवरून येथून इकडे जायचे आहे, म्हणून मी चार्ज कॅप स्मॉल q आहे असे गृहीत धरतो

त्यामुळे मला चार्ज r बरोबर हलवायचा आहे adial दिशा बिंदू ri ते अंतर rf म्हणून मी याला a म्हणू आणि मला याला b म्हणू दे

त्यामुळे मला बिंदूचा चार्ज q सह ah सह बिंदू a वरून b बिंदूकडे हलवायचा आहे तर पुन्हा विद्युत स्थिर बल काय आहे q गुणिले e आहे जे qq बाय चार pi एप्सिलॉन शून्य r स्केअर इन r कॅपमध्ये आहे जे चार्जवरील इलेक्ट्रोस्टॅटिक बल आहे

त्यामुळे मला लागू होणारे माझे बाह्य बल हे इलेक्ट्रोस्टॅटिक बलाचे वजा आहे जे वजा qq बाय चार pi इतके आहे एप्सिलॉन शून्य आर स्केअर आर कॅप आणि माझा वेक्टर जो मी हलवत आहे ते रेडियल दिशेच्या बाजूने आहे

त्यामुळे तुम्हाला माहिती आहे की जर बल एकसमान अविभाज्य f बाह्य डॉट d1 असेल तर ri च्या प्रारंभिक बिंदूपासून आरएफ प्रारंभिक बिंदूपासून

मी डॉट d1 व्हेक्टर लागू करत आहे आणि या प्रकरणात आपण पाहू शकता की d1 व्हेक्टर म्हणजे dr vector आहे जे प्रत्यक्षात rdrkr कॅप dr च्या बरोबरीचे आहे कारण व्हेक्टर r कॅप दिशा t च्या बाजूने आहे.

त्याची ही आर कॅप दिशा आहे लक्षात ठेवा आम्ही कौलॉम्बच्या नियमात चर्चा केली आहे जी r कॅप दिशा आहे

त्यामुळे आता केलेले कार्य

बाह्य शक्तीने बनते अविभाज्य f बाह्य डॉट d1 ते ah ri ते rf जे प्रत्यक्षात आता समान आहे बाह्य बल वजा qq बाय चार pi एप्सिलॉन शून्य r चौरस आहे ah r कॅप डॉट drr कॅप ri ते rf जो उणे qq बाय चार pi एप्सिलॉन शून्य इंटिग्रल ri ते rfd्र बाय r स्केअर आहे जो वजा qq बाय चार pi आहे एप्सिलॉन शून्य इंटिग्रल ऑफ वन बाय r स्केअर हे वजा एक बाय

आरआरआय ते आरएफ आहे जे qq बाय फोर पी एप्सिलॉन झिरो इन वन बाय आरएफ वजा एक बाय r आहे

त्यामुळे ही वजा चिन्हे रद्द होतील आणि मला qq बाय 4 pi एप्सिलॉन 0 मध्ये मिळेल 1 बाय rf वजा 1 बाय ri हे बाह्य शक्तीने लहान q या बिंदूपासून a बिंदूपर्यंत हलवण्याचे काम केले आहे जेथे r हे प्रारंभिक अंतर आहे आणि rf हे अंतिम अंतर आहे आता हे समीकरण चिन्हाकडे दुर्लक्ष करून वैध आहे शुल्क

त्यामुळे तुम्ही पाहू शकता की, उदाहरणार्थ जर चार्जेस दोन्ही पॉझिटिव्ह असतील तर जर चार्ज कॅपिटल q पॉझिटिव्ह असेल आणि मी जो चार्ज हलवत आहे तो देखील पॉझिटिव्ह आहे आणि मी येथून इकडे जातो

त्यामुळे हे a आहे आणि हे b आहे.

सकारात्मक बल तिरस्करणीय आहे बल या दिशेने आहे इलेक्ट्रोस्टॅटिक बल आणि मी त्याच दिशेने जात आहे

त्यामुळे प्रारंभिक अंतिम संभाव्य उर्जा प्रारंभिक संभाव्य उर्जेपेक्षा कमी असेल कारण आपण येथे कार्य केले आहे हे पाहू शकता कारण कार्य पूर्ण झाले qq च्या बरोबरीचे होते चार pi एप्सिलॉन शून्य एक बाय rf वजा एक बाय ri

त्यामुळे येथे q आणि q दोन्ही धनात्मक rf ri पेक्षा मोठे आहेत म्हणून केलेले कार्य नकारात्मक आहे म्हणून फील्ड आधीच काम करत आहे बल तिरस्करणीय आहे आणि मी आहे बलाच्या दिशेने फिरणे आणि

त्यामुळे प्रत्यक्षात फील्ड सिस्टमवर कार्य करते आणि मला नकारात्मक कार्य करावे लागेल त्याचप्रमाणे तुम्ही गणना करू शकता समजा माझ्याकडे येथे अधिक q आहे आणि माझ्याकडे आता a ते b वर जाण्यासाठी येथे वजा q शुल्क आहे आह q गुणाकार q ऋण

होतो

त्यामुळे पूर्ण झालेले कार्य समान आहे म्हणून हे उणे  $q$  भांडवल  $q$  बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य एक  $r_f$  वजा एक बाय  $r_i$  हे ऋण आहे हे ऋण चिन्ह आहे

त्यामुळे हे शून्यापेक्षा मोठे आहे

त्यामुळे  $ub$  पुन्हा  $ua$  पेक्षा मोठे आहे हे स्पष्ट आहे कारण हे ऋण चार्ज इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स आकर्षक आहे आणि मला इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्सच्या विरुद्ध चार्ज हलवावा लागतो म्हणून मला  $a$  ते  $b$  कडे जाताना चार्जवर काम करावे लागेल अशा परिस्थितीत मी जे काम करतो ते संभाव्य म्हणून साठवले जाते चार्जची उर्जा

त्यामुळे तुम्ही बाह्य एजंटने चार्जला सुरुवातीच्या बिंदूपासून अंतिम बिंदूपर्यंत हलवण्यामध्ये काय काम केले आहे हे शोधण्यासाठी तुम्ही येथे इतर संयोजनांवर काम करू शकता, तुम्ही भिन्न प्रकारचे घेऊ शकता जेथे  $r_i$  कमी आहे  $r_f$  जास्त आहे  $r_i$  etcetera etcetera पेक्षा आणि मी आता तुमच्यावर चर्चा सोडत आहे जसे आधीच्या केसमध्ये आम्हाला काय सापडेल ते म्हणजे मी

उदाहरणासाठी हे क्यू साठी शुल्क अधिक घेऊ आणि मला या बिंदूपासून दुसऱ्या टप्प्यावर जायचे आहे इथे नाही म्हणून आधीच्या उदाहरणात आपण दोन ओळींवर चर्चा सुरू केली आहे जे दोन प्रारंभिक आणि अंतिम बिंदू एकाच रेडियल रेषेवर होते आता मी दोन बिंदू घेत आहे जे समान रेडियल रेषेशी नाहीत  $ab$  अशा प्रकारे मला आता याप्रमाणे हलवावे लागेल मला  $a$  वरून  $b$  कडे जायचे आहे म्हणून मी वेगवेगळ्या प्रकारचे संयोजन करू शकतो उदाहरणार्थ प्रथम मी  $q$  च्या बाजूने वर्तुळाकार कमानीने असे हलवू शकतो आणि नंतर येथून इकडे जाऊ शकतो मी येथून इकडे जाऊ शकतो आणि नंतर गोलाकार बाजूने जाऊ शकतो  $arc$  किंवा  $i$  कडे पोजिशन पाथचे कोणतेही संयोजन असू शकते उदाहरणार्थ मी असे करू शकतो मी रेडियलच्या बाजूने फिरू शकतो मग याप्रमाणे जाऊ शकतो मग रेडियलच्या बाजूने फिरू शकतो मग याप्रमाणे जा मग रेडियलच्या बाजूने पुढे जा यासारखे जा

या मार्गाभोवती जो एक वर्तुळाकार कंस आहे या भागाची हालचाल तटस्थ स्थिर बलाला तंतोतंत लंब असते या बिंदूवर प्रत्येक बिंदूवर इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स म्हणजे जर पॉझिटिव्ह चार्ज असेल तर इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्स असे असते आणि मी मो.

या बिंदूवर लंब आहे या सारख्या स्थिर बल आहेत मी या बिंदूवर लंब हलवत आहे या सारख्या स्थिर बल आहेत मी या बिंदूवर पोहोचेपर्यंत मी लंब हलवत आहे आणि नंतर मी इलेक्ट्रोस्टॅटिक फोर्सच्या त्याच दिशेने फिरतो म्हणून मी येथे नाही कोणतेही काम करा आणि येथे मी ते काम करतो जे मी आधीच  $qq$  बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य एक बाय आरएफ वजा एक बाय  $ra$  असे मोजले आहे त्याचप्रमाणे जर तुम्ही हा मार्ग पाहिला तर मी रेडियल दिशेने  $r_i$  ते अंतर  $r_f$  पर्यंत जातो आणि नंतर मी या बिंदूला या बिंदूला जोडणाऱ्या वर्तुळाकार कमानीने या दिशेने पुढे सरकतो मी या बिंदूच्या बाजूने असेच काम करतो मी काम करत नाही कारण मी इलेक्ट्रोस्टॅटिक शक्तीला लंब हलवत आहे त्याचप्रमाणे तुम्ही कोणत्याही मार्गासाठी गणना करू शकता जे तुम्हाला सापडेल ते आहे.

पूर्ण केलेल्या कामाचा मार्ग स्वतंत्र आहे

त्यामुळे चार्जेस एका प्रारंभिक बिंदूपासून अंतिम बिंदूवर हलवण्याचे काम केलेले कोणतेही इलेक्ट्रोस्टॅटिक बल पथापासून स्वतंत्र आहे आणि मी नमूद केल्याप्रमाणे याआधी हे पुराणमतवादी शक्तींचे वैशिष्ट्य आहे

त्यामुळे याचा अर्थ काय आहे उदाहरणार्थ, तर मी खालील उदाहरण घेऊ या म्हणजे माझ्याकडे चार्ज आहे आणि नंतर मी पुढे जात आहे  $ii$  मला अशा मार्ग  $a$  ते  $b$  दरम्यान जायचे आहे आणि मला हवे आहे परत येण्यासाठी मी याला  $c$  एक आणि  $c$  दोन म्हणू या म्हणून मी एक गोलाकार मार्ग करतो

त्यामुळे मी एक गो वरून  $b$  कडे सुरुवात करतो आणि दुसऱ्या मार्गाने दुसऱ्या मार्गाने  $a$  वर परत येतो

त्यामुळे एकूण काम पूर्ण झाले म्हणून मी एकूण कामाची गणना करू.

$f$  बाह्य बिंदू  $d1$  आहे आणि मी या वर्तुळाच्या आधी अविभाज्य चिन्हावर म्हटल्याप्रमाणे याचा अर्थ हा बंद मार्ग आहे, म्हणून हा  $c$  एक  $f$  बाह्य बिंदू  $d1$  अधिक  $b$  ते  $a$  बरोबर  $c$  दोन  $f$  बाह्य बिंदू  $d1$  आता  $i$  बरोबर आहे हे जाणून घ्या की जसे आपण  $c$  एक  $f$  बाहेरील डॉट  $d1$   $a$  to  $b$  सोबत  $integral$  वर चर्चा केली आहे  $c$  two च्या बाजूने  $a$  to  $b$   $integral$  is equal to  $integral$   $a$  to  $b$  external dot  $d1$  दुसरा वक्र  $f$  external dot  $d1$  जो प्रत्यक्षात  $b$  च्या वजा  $a$  सोबत  $c$  दोन  $f$  बाह्य एकूण आहे

त्यामुळे इकडून तिकडे जाताना केलेले काम डब्ल्यू सारखेच आहे या मार्गावर इकडून तिकडे जाताना केलेला  $ork$  हा शब्द इकडून तिकडे जाताना  $b$  वरून  $a$  मध्ये केलेल्या कामाचा नकारात्मक आहे, हे काय म्हणते

त्यामुळे तुम्हाला दिसेल की हे दोन्ही समान आणि विरुद्ध चिन्हे आहेत.

मला खालील अतिशय महत्त्वाची अभिव्यक्ती प्राप्त झाली आहे की अविभाज्य  $f$  बाह्य बिंदू  $d1$  शून्याच्या बरोबरीचा आहे याचा अर्थ बंद मार्गात बंद मार्गावर केलेले निव्वळ कार्य शून्याच्या बरोबरीचे आहे आणि हे पुन्हा पुराणमतवादी शक्तींचे वैशिष्ट्य आहे.

$a$  पासून  $b$  परत  $a$  पर्यंत कोणत्याही दोन वेगवेगळ्या मार्गांनी कोणताही मार्ग प्रत्यक्षात शून्य असतो

त्यामुळे तुम्ही  $a$  ते  $b$  ला  $c$  one सोबत नेण्यासाठी काही काम करत असाल आणि नंतर फील्ड शक्ती आणण्यासाठी समान प्रमाणात काम करत असेल चार्जला  $b$  वरून  $a$  वर दुसऱ्या वक्रसह आणणे म्हणजे निव्वळ कार्य शून्य होते म्हणून हा पुन्हा पुराणमतवादी शक्तींचा एक भाग आहे आणि म्हणून आपण काय करू शकतो याद्वारे आपण एक संभाव्य उर्जा परिभाषित करू शकतो आपण आता संभाव्य उर्जा परिभाषित करू शकतो ऊर्जा इलेक्ट्रोस्टॅटिक संभाव्य ऊर्जा म्हणून मी पुन्हा एक पॉइंट चार्ज घेऊ या लक्षात ठेवा की आम्ही केलेल्या कामाची गणना केली आहे

त्यामुळे  $\pi$  बाह्य शक्ती

$qq$  बाय चार  $\pi$  साइन शून्य एक  $r_f$  वजा एक बाय  $ra$  ओके आहे म्हणून लक्षात ठेवा गुरुत्वीय क्षेत्रामध्ये आम्ही संभाव्य ऊर्जा परिभाषित करतो काही संदर्भाच्या संदर्भात

त्यामुळे सामान्यतः आपण म्हणतो की जमिनीवर शून्य संभाव्य ऊर्जा आहे म्हणून जेव्हा मी एखादी वस्तू एका विशिष्ट उंचीने घेतो तेव्हा मी

त्या वस्तूवर कार्य करतो आणि

त्यामुळे त्या वस्तूमध्ये संभाव्य ऊर्जा साठलेली असते त्याचप्रमाणे आपण इलेक्ट्रोस्टॅटिक संभाव्य ऊर्जा परिभाषित करू.

संदर्भ संभाव्यतेच्या संदर्भात कोणत्याही बिंदूवर जे म्हणून संदर्भ बिंदू सामान्यतः निवडला जातो संदर्भ बिंदू सामान्यतः अनंतावर निवडला जातो आणि हे संभाव्य उर्जेचे शून्य आहे म्हणून मी असे गृहीत धरेन की जर माझ्याकडे येथे सकारात्मक भांडवली  $q$  शुल्क असेल तर इतर शुल्क अनंतावर आहे तर प्रणालीमध्ये ऊर्जा नाही ही संभाव्य ऊर्जा शून्य आहे आणि नंतर जेव्हा मी दुसरा चार्ज या पहिल्या चार्जच्या जवळ आणतो तेव्हा  $iw$  चार्जवर काम करत नाही आणि मी संभाव्य उर्जा बदलेन म्हणून या समीकरणात जर मी  $r_i$  ची जागा अनंताच्या बरोबरीची आणि  $r_f$  च्या बरोबरीची  $r$  ची जागा घेतली तर याचा अर्थ असा होतो की हे मला अनंतातून चार्ज आणण्यासाठी केलेले कार्य देईल.

येथून अंतर  $r$  आहे म्हणून लहान  $q$  ला अनंततेपासून या बिंदूपर्यंत अंतरावर आणण्याचे काम लहान  $r$  या समीकरणाद्वारे दिले जाईल जे मी येथे संभाव्य ऊर्जा म्हणून परिभाषित करेन जी संभाव्य ऊर्जा आहे जी  $r$  स्थितीतील संभाव्य ऊर्जा आहे या दोन जोड्यांच्या चार्जेसमध्ये  $qq$  बाय चार  $pi$  एप्सिलॉन शून्य आर आहे कृपया लक्षात ठेवा कारण केलेले काम हे अनुसरण केलेल्या मार्गापासून स्वतंत्र आहे, मी लहान आकार  $q$  ला अनंतापासून या बिंदूपर्यंत कसे आणले हे महत्त्वाचे नाही, मला नेमके तेवढेच काम करावे लागेल.

त्यामुळे मी एक संभाव्य उर्जा परिभाषित करू शकतो जी केवळ या बिंदूवर अवलंबून असते जी ऊर्जा आहे जी एका लहान आकाराच्या घनला अनंततेपासून या बिंदूपर्यंत आणण्याची ऊर्जा आहे, मग ती कोणत्याही मार्गाने असली तरीही ही संभाव्य ऊर्जा बनते या बिंदूवर म्हणून ही एका लहानाने विभक्त केलेल्या शुल्काच्या जोडीची संभाव्य उर्जा आहे हे अंतर लहान आहे म्हणून जर माझ्याकडे चार्ज कॅपिटल  $q$  कॅपिटल  $q$  असेल आणि एक लहान  $q$  अंतर  $r$  ने विभक्त केलेले असेल तर ही संभाव्य उर्जा आहे कृपया लक्षात ठेवा की जर मी खालील गणना केली असेल तर समजा माझ्याकडे एक लहान लहान  $q$  आहे आणि मी या ध्रुव शुल्कापासून  $r$  अंतरावर या बिंदूमध्ये कॅपिटल  $q$  चार्ज आणले तर मला ऊर्जा सारखीच संभाव्य ऊर्जा मिळेल.

चार्जेसच्या संपूर्ण इलेक्ट्रोस्टॅटिक प्रणालीमध्येच संग्रहित केले जाते आणि ते फक्त या दोन शुल्कांमधील  $qq$  या समीकरणाद्वारे चार पाच एप्सिलॉन शून्य आर द्वारे वेगळे करण्यावर अवलंबून असते आणि ही या शुल्क प्रणालीची संभाव्य ऊर्जा आहे जरी मी लहान  $q$  मध्ये आणले आहे अनंत या बिंदूपर्यंत मी कॅपिटल  $q$  अनंतातून या बिंदूपर्यंत आणू शकलो असतो.

मी दोन्ही चार्जेस एका विशिष्ट अंतरावर आणण्यासाठी अनंतातून दोन्ही चार्जेस एकत्र हलवू शकलो असतो.

सहयोगी ते लहान  $r$  च्या पृथक्करणासह उतरतात या शुल्काच्या जोडीमध्ये आता संभाव्य उर्जा आहे जी  $qq$  बाय चार  $pi$  एप्सिलॉन शून्य आर आहे म्हणून हे शुल्काच्या जोडीसाठी आहे मी त्याचप्रमाणे अधिक शुल्कांसाठी गणना करू शकतो म्हणून उदाहरणार्थ माझी अंतिम प्रणाली समजा तीन चार्जेस आहेत म्हणून मला समजा मला तीन चार्जेस आणावे लागतील  $q$  एक  $q$  दोन आणि  $q$  तीन आणावे लागतील माझा प्रश्न हा आहे की तीन चार्जेसच्या या प्रणालीची संभाव्य ऊर्जा काय आहे म्हणून मी प्रथम खालील  $ah$  प्रक्रिया करतो माझ्याकडे येथे काहीही नाही म्हणून मी चार्ज  $q$  एक आणतो आणि या बिंदूवर स्थान देतो कारण इतर कोणतेही शुल्क सध्या अस्तित्वात नाही  $q$  एक आणण्यासाठी आणि येथे ठेवण्यासाठी मला कोणतेही काम करावे लागणार नाही एकदा येथे  $q$  एक ठेवल्यानंतर मी  $q$  दोन अनंतापासून या बिंदूवर आणू दे.

या अंतराला  $r$  एक दोन म्हणा तर  $q$  एक आणि  $q$  दोन मधील  $ah$  संभाव्य उर्जा किती आहे, तर मी याला  $u$  एक दोन म्हणू या  $q$  एक  $q$  दोन बाय चार  $pi$  एप्सिलॉन शून्य आर एक दोन शुल्क भागिले चार गुणाकार  $pi$  silent zero in separa त्यांच्यामध्ये ती  $q$  एक  $q$  दोन चार्जांची संभाव्य ऊर्जा आहे आता या दोन चार्जेससह मी आता  $q$  तीन अनंतातून आणतो आणि या बिंदूवर ठेवतो, तर मी या अंतराला  $r$  एक तीन आणि या अंतराला  $r$  म्हणू.

दोन तीन आता तुम्ही पाहता जेव्हा मी अनंतातून  $q$  तीन आणतो तेव्हा मला

$q$  एक आणि  $q$  दोन या दोन्हीच्या विद्युत क्षेत्राविरुद्ध एकाच वेळी कार्य करावे लागेल

त्यामुळे काय होईल, क्यू दोन प्रभारी आणण्यासाठी मी जे काम केले आहे ते मूलतः असे होईल.

मला क्षमस्व आकार  $q$  तीन मोजू दे मला  $q$  तीन या बिंदूवर आणण्यासाठी केलेल्या कामाची गणना करू द्या म्हणजे हे  $w$  असेल अविभाज्य  $f$  बाह्य डॉट  $d1$  जो अनंतापासून या बिंदूपर्यंत अनंतापर्यंत या बिंदूपर्यंत आहे म्हणून मला कॉल करू द्या हा बिंदू  $cab$

त्यामुळे हा  $f$  इलेक्ट्रिक फील्ड डॉट  $d1$  च्या वजा च्या बरोबरीचा आहे

$infinity$  पासून  $c$  आणि  $f$  इलेक्ट्रिक फील्ड हा प्रत्यक्षात चार्ज आहे दोन्ही चार्जेस आता अंतराचे कार्य म्हणून या बिंदूवर इलेक्ट्रिक फील्ड तयार करतात आणि आम्हाला माहित आहे की आम्ही एल एक्ट्रोस्टॅटिक तत्त्व संवर्धनाचे समाधान करते म्हणून माझ्याकडे  $q$  एक बाय चार  $pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  चौरस  $r$  कॅप अधिक  $q$  दोन मला असे लिहू द्या ठीक आहे, जर इलेक्ट्रोस्टॅटिक हे  $ah$   $q$  च्या एक पट ई एक इलेक्ट्रिक फील्ड चार्ज झाल्यामुळे  $q$  एक माफ करा  $q$  तीन या शुल्कावरील बल  $q$  तीन म्हणजे  $q$  तीन पट  $e$  एक अधिक  $q$  तीन पट  $e$  दोन  $e$  एक म्हणजे विद्युत क्षेत्र  $q$  एक  $e$  दोन हे विद्युत क्षेत्र  $q$  दोन द्वारे निर्मित विद्युत क्षेत्र  $q$  दोन हे  $q$  वरील बलाचे बल आहे  $q$  एक च्या विद्युत क्षेत्रामुळे तीन हे  $ah$  चार्ज  $q$  तीन वरील बल आहे कारण विद्युत क्षेत्र  $q$  दोन ने तयार केले आहे आणि म्हणून हे एकूण विद्युत क्षेत्र आहे ज्याच्या विरुद्ध  $q$  तीनला फिरावे लागते

त्यामुळे केलेले कार्य समान असेल ते उणे  $q$  तीन वेळा  $e$  एक डॉट  $d1$  अनंत ते  $c$  उणे  $q$  तीन अनंत ते  $ce$  दोन एकूण आता हे काय आहे चार्ज  $q$  तीन आणण्याचे काम हे इलेक्ट्रिकमुळे चार्ज  $q$  तीन आणण्याचे काम आहे फील्ड  $p$   $q$  वन द्वारे तयार केलेले येथे  $q$  दोन वर अवलंबून नाही आणि ते जसे आपण आधी  $q$  one  $q$  थ्री बाय फोर पी एप्सिलॉन शून्य आर वन थ्री वर चर्चा केली आहे तसे असले पाहिजे कारण ई वन हे  $q$  वन द्वारे निर्मित विद्युत क्षेत्र आहे आणि हे कार्य आहे येथून  $r$  एक तीन अंतरावर  $q$  तीन अनंतापासून या बिंदूवर आणण्याचे काम केले आहे

त्यामुळे केलेले कार्य या समीकरणासारखेच आहे, शिवाय  $q$  दोनच्या जागी  $q$  तीन आणि हे अंतर  $r$  एक दोनच्या जागी  $r$  एक तीन येते.

म्हणून मी चार काम केले आहे जे  $q$  एक  $q$  तीन बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य आर एक तीन आहे आणि हे दुसरे तिसरे काही नाही तर चार्ज  $q$  तीन अनंतापासून या बिंदूवर आणण्याचे काम आहे कारण  $q$  दोन द्वारे निर्माण झालेल्या विद्युत क्षेत्रामुळे हे अधिक  $q$  एक  $q$  दोन  $q$  तीन बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  दोन तीन बरोबर समान असणे आवश्यक आहे त्यामुळे  $q$  तीन या बिंदूवर आणण्याचे हे कार्य आहे म्हणून हे शुल्क वितरण एकत्र करण्यासाठी केलेले एकूण काम ही मध्ये केलेल्या कामाची बेरीज आहे या बिंदूवर शुल्क  $q$  2 आणत आहे  $t$  आणि चार्ज  $q$  3 या बिंदूवर आणण्यासाठी केलेले कार्य त्यामुळे पूर्ण केलेले कार्य किंवा एकूण संभाव्य ऊर्जा  $q$  एक  $q$  दोन बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  एक दोन अधिक  $q$  एक  $q$  तीन बाय चार  $\pi$  sine  $n$  शून्य  $r$  एक च्या समान आहे तीन अधिक  $q$  दोन  $q$  तीन भागिले चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  दोन तीन त्यामुळे ही ऊर्जा  $q$  1  $q$  2 मुळे आहे  $q$  1  $q$  3 मुळे ही ऊर्जा आहे आणि ही ऊर्जा  $q$  2  $q$  3 मुळे एकूण ऊर्जा आहे शुल्क प्रणाली आणि मी नमूद केल्याप्रमाणे आम्ही या संभाव्य उर्जेचा संपूर्ण शुल्क प्रणालीशी संबंध जोडतो मी आता प्रथम आणले आहे मी  $q$  एक आणले आहे मग मी  $q$  दोन आणले आहे नंतर मी  $q$  तीन आणले आहे तुम्ही गणना करू शकता आणि दर्शवू शकता की हे मी की नाही यापेक्षा स्वतंत्र आहे.

प्रथम  $q$  एक किंवा  $q$  तीन प्रथम आणा जोपर्यंत शेवटी शुल्क वितरण या विशिष्ट पॉइंटमध्ये बसते तोपर्यंत ते केलेले कार्य याच्या बरोबरीचे असेल आणि म्हणून सिस्टममध्ये साठवलेली एकूण संभाव्य ऊर्जा या तिघांची बेरीज आहे म्हणून ती स्वतंत्र आहे आणण्याचा क्रम या शुल्कापैकी सर्वसाधारणपणे तुम्ही असे लिहू शकता की तुम्ही हे कितीही पॉइंट चार्जेसमध्ये सामान्यीकरण करू शकता आणि तुम्हाला एकूण संभाव्य ऊर्जा मिळते म्हणून संभाव्य उर्जेकडे लक्ष दिल्यावर आम्ही आता पुन्हा इलेक्ट्रोस्टॅटिक्समध्ये एक अतिशय महत्त्वाची संकल्पना सादर करतो जी आहे इलेक्ट्रोस्टॅटिक पोटेंशियल म्हणजे इलेक्ट्रोस्टॅटिक पोटेंशियल म्हणजे एकक पॉझिटिव्ह चार्ज

आणण्यासाठी बाह्य शक्तीने केलेले कार्य म्हणजे एकक पॉझिटिव्ह चार्ज अनंतातून पॉइंटपर्यंत आणण्यासाठी बाह्य शक्तीने केलेले काम हे त्या बिंदूवर इलेक्ट्रोस्टॅटिक क्षमता आहे म्हणून ते मूलतः केलेले कार्य आहे एकक पॉझिटिव्ह चार्ज अनंतापासून त्या बिंदूपर्यंत आणताना लक्षात ठेवा की माझ्याकडे चार्ज कॅपिटल  $q$  असल्यास आणि जर माझ्याकडे  $ah$  असेल तर मी येथून  $r$  अंतरावर एक लहान चार्ज  $q$  आणल्यास संभाव्य उर्जा आपण भांडवल होते का यावर चर्चा केली होती.

$q$  लहान  $q$  बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य मध्ये एक बाय  $r_f$  वजा एक बाय  $r_i$  म्हणून ही या बिंदूवर संभाव्य ऊर्जा आहे किंवा आणताना उर्जेतील बदल  $r_i$  पासून  $r_f$  पर्यंत एक चार्ज म्हणून जेव्हा मी  $r_i$  ठेवतो तेव्हा संभाव्य उर्जा होती ती अनंताच्या बरोबर असते

त्यामुळे संभाव्य उर्जा  $u$  हा  $qq$  ने चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  या बिंदूने होतो

त्यामुळे मी एकक शुल्क म्हणून लहान आकाराचे भांडवल  $q$  घेतले तर  $i$   $r$  बिंदूवर संभाव्यता परिभाषित करेल कारण  $r$  चा  $v$   $q$  बरोबर  $q$  बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य आहे  $r$  हे पॉइंट चार्जसाठी आहे पॉइंट चार्जची क्षमता मूलतः  $q$  द्वारे चार  $\pi$  सात शून्य  $r$  द्वारे दिली जाते म्हणून जर तुमच्याकडे ए.

येथे सकारात्मक चार्ज तुम्ही  $r$  दिशेने जाताना  $r$  वाढतो आणि संभाव्य क्षमता कमी होत राहते

त्यामुळे हे अशा प्रकारे कमी होत आहे नकारात्मक चार्जसाठी संभाव्यता असेल जर मी नकारात्मक चार्जसाठी त्याच दिशेने फिरलो तर संभाव्य क्षमता वाढत जाईल

त्यामुळे चार्जेसपासून दूर जाताना संभाव्यता वाढते किंवा कमी होते की नाही हे शुल्काच्या चिन्हावर अवलंबून असते

त्यामुळे कोणत्याही बिंदूवर ही संभाव्यता परिभाषित केली जाते कारण ही पॉइंट चार्जची संभाव्यता आहे म्हणून कोणत्याही सामान्यसाठी इलेक्ट्रिक फील्ड डिस्ट्रिब्युशन तुम्ही इलेक्ट्रोस्टॅटिक पोटेंशियल परिभाषित करू शकता जसे की एक युनिट पॉझिटिव्ह चार्ज अनंतातून त्या बिंदूपर्यंत आणण्याचे काम केले आहे, म्हणून जर तुमच्याकडे उदाहरणार्थ जर माझ्याकडे पॉइंट चार्ज असेल तर पॉझिटिव्ह असेल तर  $q$  तर मी जर हा बिंदू म्हणजे  $r_i$  आणि दुसरा मुद्दा म्हणजे  $r_i$  पासून  $r_f$  पर्यंत चार्ज घेताना काय काम केले जाते

त्यामुळे बाह्य शक्तीने केलेले कार्य  $r_i$  मधील  $r_f$  वजा संभाव्यतेच्या क्षमतेइतके असेल.

युनिट चार्ज युनिट पॉझिटिव्ह चार्ज

त्यामुळे पॉटेंशियलमधील फरक मला प्रत्यक्षात एका पॉईंटवरून युनिट पॉझिटिव्ह चार्ज घेण्याचे काम देतो

त्यामुळे इलेक्ट्रोस्टॅटिक्समध्ये संभाव्य ही एक अतिशय महत्त्वाची संकल्पना आहे आणि तुम्ही येथे पाहू शकता की विद्युत क्षेत्र एक म्हणून कमी झाले आहे.

$r$  स्केअरने संभाव्य  $r$  प्रमाणे कमी होते आणि संभाव्य संभाव्य एककासाठी एक एकक वापरला जातो बोल्ट हा इटालियन शास्त्रज्ञ अॅलेसँड्रो व्होल्टा नंतर आहे ज्याने 1 मध्ये काम केले होते.

ई वर्षे 1745 ते 1827.

तो एक महान शास्त्रज्ञ होता ज्याने इलेक्ट्रोस्टॅटिक्समध्ये बरेच काम केले आणि हे नाव आहे या संभाव्य युनिट संभाव्य संभाव्यतेचे नाव त्याच्या नावावर ठेवले गेले आहे

त्यामुळे आपण नंतर विद्युत क्षेत्रासाठी दुसरे युनिट देखील शोधू शकता कारण आपण पाहू शकता.

येथे क्षमता  $q$  बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  आहे चार्जचे इलेक्ट्रिक फील्ड  $q$  बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  स्केअर आहे म्हणून तुम्ही इलेक्ट्रिक फील्डची व्याख्या प्रति मीटर व्होल्ट म्हणून करता हे  $ah$  इलेक्ट्रिक फील्ड व्होल्ट प्रति मीटरचे  $si$  युनिट आहे.

इलेक्ट्रिक फील्डसाठी पूर्वीची इतर युनिट्स ही आणखी एक मानक युनिट आहे जी इलेक्ट्रिक फील्डसाठी वापरली जाते आता मी गणना करू या संभाव्यतेच्या काही संख्यात्मक मूल्यांची गणना करण्यासाठी मी एक उदाहरण देतो म्हणून येथे एक उदाहरण आहे म्हणून माझ्याकडे अधिक 10 नॅनो कुलॉम्ब आहेत माझ्याकडे येथे आणखी एक चार्ज आहे उणे १० नॅनो कुलॉम्ब विषुववृत्तीय समतलात ६ सेंटीमीटर अंतराने विभक्त केलेले मी येथे एक बिंदू मानतो आहा हा चार सेंटीमीटर आहे मला या बिंदूला म्हणू द्या आणि येथे दुसरा बिंदू विचारात घ्या इथून चार सेंटीमीटर अंतरावर आहे आणि तिसरा बिंदू  $c$  जो इथून चार सेंटीमीटरच्या अंतरावर आहे आहे ठीक आहे, तर

माझ्याकडे अधिक दहा कुलॉम्ब वजा दहा नॅनो कुलॉम्ब आहेत आणि हे दोन चार्जेस विद्युत क्षेत्र निर्माण करतात मला संभाव्यता मोजायची आहे भिन्न बिंदूवर म्हणून प्रथम मी संभाव्य गणना मोजण्यास सुरुवात करतो

त्यामुळे  $v$  आता पोटेंशियल देखील सुपरपोजिशनच्या तत्वाचे पालन करतात म्हणून  $a$  वर एकूण संभाव्यता ही अधिक 10 नॅनो कुलॉम्बमुळे संभाव्यता अधिक व वजा मुळे संभाव्यता आहे 10 नॅनो कुलॉम्ब तर हे अंतर किती असेल जर हे  $r$  असेल कारण मी विषुववृत्तीय समतलावर  $a$  घेत आहे हे अंतर देखील  $r$  इतके संभाव्य आहे  $a$  येथे आहे म्हणून मी याला  $q$  एक आणि  $q$  दोन  $q$  एक बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  म्हणू

ah

त्यामुळे अधिक  $q$  दोन बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  अंतर समान आहेत आणि  $q$  दोन समान वजा  $q$  एक आहे म्हणून हे शून्य इतके आहे म्हणून या बिंदूवर संभाव्य शून्य आहे कारण ते विषुववृत्त समतल आहे ही येथे एक सकारात्मक संभाव्यता आहे जी येथे नकारात्मक संभाव्यता असेल आणि म्हणून या बिंदूवर एकूण क्षमता शून्य आहे मी  $b$  बिंदूवर संभाव्यता मोजण्याचा प्रयत्न करूया त्यामुळे  $b$  बिंदूवर  $bq$  एक बाय चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $ah$  म्हणून मला हे करणे आवश्यक आहे आता या अंतरांची गणना करा म्हणून मी याला  $ah$   $r$  एक म्हणू आणि दुसरे अंतर  $r$  दोन  $r$  एक वजा  $q$  दोन आहे वजा  $q$  एक तर चार  $\pi$  एप्सिलॉन शून्य  $r$  दोन म्हणून मी ही संख्या बदलू दे म्हणजे  $v$  वर  $b$  आहे  $ah$  टेन नॅनो कुलॉम्ब एक बाय चार  $\pi$  साइन शून्य म्हणजे नऊ दशांश पॉवर नऊ भागिले  $r$  एक  $r$  एक चार सेंटीमीटर म्हणजे चार ते दहा ते उणे दोन वजा दहा नॅनो कुलॉम्ब चार पाई एप्सिलॉन शून्य टर्म येथे  $r$  दोन ने भागले जे चार अधिक सहा दहा सेंटीमीटर आहे कृपया मी सर्वत्र  $si$  युनिट वापरत असलेल्या युनिट्सबाबत सावधगिरी बाळगा म्हणजे हे दोन पॉइंट दोन पाच ते दहा ते पॉवर तीन वजा नऊ ते दहा ते पॉवर दोन जे एक पॉइंट तीन पाच ते दहा ते पॉवर तीन व्होल्ट इतके आहे ते भांडे आहे या बिंदूवर  $entia1$  म्हणजे एक युनिट चार्ज पॉइंटिव्ह चार्ज अनंतापासून या बिंदूवर आणण्याचे काम केले जाते आणि ते एक पॉइंट तीन पाच ते पॉवर तीन व्होल्ट इतके आहे.

तुम्ही त्याचप्रमाणे  $c$  बिंदूवर क्षमता मोजू शकता

त्यामुळे  $b$   $c$  येथे च्या समान असेल म्हणून मी हा व्यायाम तुमच्यावर सोडतो हा उणे एक बिंदू दोन पाच ते दहा ते पॉवर तीन व्होल्ट आहे कृपया लक्षात घ्या की हा बिंदू येथे सकारात्मक शुल्कापेक्षा ऋण शुल्काच्या जवळ आहे

त्यामुळे एकूण संभाव्य शून्य होईल उणे एक बिंदू दोन पाच ते पॉवर तीन व्होल्ट  $ah$  आणि  $a$  ची क्षमता शून्य बरोबर होती आता मी तुमच्यासाठी एक समस्या सोडतो

,  $a$  ते  $b$  आणि  $a$  वरून  $c$  मध्ये पाच नॅनो कुलॉम्ब्स चार्ज करण्यासाठी केलेल्या कामाची गणना करा.

म्हणून मी हा व्यायाम तुमच्यावर सोडतो, कृपया

5 नॅनो कुलॉम्बचा चार्ज  $a$  ते  $b$  आणि  $a$  ते  $ci$  वर हलवताना काय काम केले आहे

ते मोजा  $k$  पूर्ण झाले म्हणून बलांच्या गणनेची गणना आणि संभाव्य फरक समजून घेणे तुमच्यासाठी एक मनोरंजक व्यायाम आहे ठीक आहे आता मला काय करायचे आहे ते

म्हणजे चार्ज कंडक्टिंग स्फेरच्या संभाव्य संभाव्यतेकडे आणखी एक उदाहरण म्हणून पहा.

त्रिज्या  $r$  चा गोल आणि मी काही चार्ज कॅपिटल टाकले आहे  $q$  लक्षात ठेवा आम्ही चर्चा केली आहे की संपूर्ण चार्ज पृष्ठभागावर बसेल म्हणून मी पुढील वर्गात माझे व्याख्यान येथे समाप्त करेन, आम्ही काय करणार आहोत ते म्हणजे संवाहक गोलामुळे संभाव्यतेची गणना करणे ज्यावर जास्त शुल्क आकारले गेले आहे आणि आम्हाला येथून काही मनोरंजक परिणाम मिळतील धन्यवाद