[संगीत] [टाळ्या] तुम्हा सर्वांना खूप खूप शुभ सकाळ, आम्ही या आह या विषयातील शेवटच्या व्याख्यानात आलो आहोत , गेल्या लेक्चरमध्ये मी इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी आणि मॅक्सवेलच्या समीकरणांमध्ये विस्थापन चालू शब्दाचा परिचय कसा होतो याबद्दल चर्चा करण्यास सुरुवात केली. इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हज नावाच्या लहरींची पिढी किंवा भविष्य सांगते, म्हणून आज आपण काय करणार आहोत हे मी तुम्हाला दाखवणार आहे की मी मागच्या वेळी लिहिलेल्या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी मॅक्सवेलच्या समीकरणांशी सुसंगत आहेत आता आपण सामान्यपणे काय करूः. म्हणजे आपण ती मॅक्सवेलची समीकरणे घेऊ आणि त्या समीकरणांमधून ज्याला विभेदक समीकरण म्हणतात ते मिळवू आणि नंतर विभेदक समीकरणे सोडवून आपल्याला समजेल की या समीकरणांनी वर्तवलेल्या लहरींमध्ये अस्तित्वात आहेत आणि त्यांना आता इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी म्हणतात कारण भिन्नता समीकरणे या अभ्यासक्रमाच्या व्याप्तीच्या पलीकडे आहेत येथे मी इलेक्ट्रोमॅगचे समाधान गृहीत धरत आहे नेटिक वेव्हज आणि हे सोल्यूशन्स मॅक्सवेलच्या समीकरणांशी सुसंगत आहेत हे दाखवत आहोत इलेक्ट्रोमेकॅनिझमवरील व्याख्यानाच्या या संपूर्ण कोर्समध्ये,
त्यामुळे मला आठवते की इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लाटा या इलेक्ट्रिक आणि मॅग्नेटिक फील्डच्या लहरींशिवाय काही नसतात म्हणून आम्ही गेल्या वेळी एक आकृती काढली होती. जर मी इथे पुन्हा तीच आकृती काढली तर माझ्याकडे या लहरीसारखे विद्युत क्षेत्र असे दाखवावे लागेल आणि हे विद्युत क्षेत्र वेक्टर आहेत जे मी येथे रेखाटत आहे ही z दिशा आहे ही x दिशा आहे आणि ही y दिशा आहे म्हणून विद्युत क्षेत्र x दिशेकडे निर्देशित करते आणि संबंधित चुंबकीय क्षेत्र मी असे काढले होते
त्यामुळे चुंबकीय क्षेत्र रेषा चुंबकीय क्षेत्र वेक्टर आहेत विद्युत क्षेत्राच्या वेक्टरला लंब असतात म्हणून आकृती दर्शवते की लहर कधी असते अधिक z दिशेमध्ये प्रसारित करणे विद्युत क्षेत्र आणि चुंबकीय क्षेत्रे प्रसाराच्या दिशेने लंब असतात. चुंबकीय क्षेत्र येथे विद्युत क्षेत्र आणि चुंबकीय क्षेत्र हे विद्युत चुंबकीय लहरींच्या प्रसार दिशेला लंब आहेत , विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्र एकमेकांना लंब आहेत आणि दोन्ही विद्युत चुंबकीय लहरींच्या प्रसाराच्या दिशेने लंब आहेत आणि ते देखील टप्प्यात आहेत जसे आपण करू शकता. येथे पहा जेव्हा विद्युत क्षेत्र शून्य असते तेव्हा चुंबकीय क्षेत्र शून्य असते जेव्हा विद्युत क्षेत्राचे परिमाण वाढते तेव्हा चुंबकीय क्षेत्राची परिमाण वाढते आणि त्यांना सायनसॉइडल लहरी म्हणतात कारण मी गेल्या वेळी सायनसॉइडल लहरी परिभाषित केल्या होत्या कारण या लहरींचे स्थान आणि वेळ अवलंबून असते. एका समीकरणावर साइन वेव्हज सायनसॉइडल लहरी असतात आणि त्यामुळे त्या विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्र टप्प्यात असतात आणि मी गेल्या वेळी सांगितल्याप्रमाणे या आकृतीचे स्पष्टीकरण करताना या रेषा केवळ विद्युत क्षेत्राचे परिमाण आणि दिशा आणि चुंबकीय क्षेत्र दर्शवतात. येथे आकृतीच्या अक्षासह वेगवेगळ्या बिंदूंवर फील्ड आहे म्हणून तेथे आहे काहीही नाही, यासारखी कोणतीही हालचाल नाही, कोणतेही विस्थापन नाही ते फक्त विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रे आहेत जी वेगवेगळ्या बिंदूंवर वेळोवेळी बदलत असतात आणि अहो मी आता येथे नमूद केले पाहिजे की सर्व विद्युत चुंबकीय लहरी मोकळ्या जागेत एकाच वेगाने प्रवास करतात आणि ते मूल्य दोन पॉइंट नऊ नऊ सात नऊ दोन चार पाच आठ ते 10 ते पॉवर 8 मीटर प्रति सेकंद हे तंतोतंत मूल्य आहे आता हे मोकळ्या जागेत प्रकाशाच्या वेगाच्या वेगाचे अचूक मूल्य आणि मीटरचे एकक म्हणून परिभाषित केले आहे लांबीचे एकक जे मीटर आहे हे प्रकाशाच्या या वेगाद्वारे किंवा मोकळ्या जागेत प्रकाशाच्या गतीद्वारे परिभाषित केले जाते आणि म्हणून सर्व विद्युत चुंबकीय लहरी मोकळ्या जागेत c ने दिलेल्या एकाच वेगाने प्रवास करतात आणि शेवटच्या व्याख्यानात मी एक स्पेक्ट्रम दर्शविला होता जो दर्शवितो. वेगवेगळ्या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी रेडिओ लहरी मायक्रोवेव्ह प्रकाश लहरींमध्ये तुमच्यामध्ये अवरक्त लहरी अल्ट्राव्हायोलेट आहेत मग तुमच्याकडे क्ष-किरण आहेत गॅमा किरण हे सर्व विद्युत चुंबकीय लहरी दर्शवतात या सर्व चार आहेत विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांद्वारे वैशिष्ट्यीकृत ॲक्टराइज्ड आणि ते सर्व मोकळ्या जागेत एकाच वेगाने प्रवास करतात जे या क्रमांक c द्वारे दिले जाते आणि हे आपण साधारणपणे तीन ते दहा ते पॉवर आठ मीटर प्रति सेकंद असा अंदाजे अंदाजे मूल्य तीन दहा ते पॉवर आठ मीटर प्रति सेकंद हे अंदाजे मूल्य आहे आणि आता परिभाषित केल्याप्रमाणे अचूक मूल्य आहे दोन पॉइंट नऊ नऊ सात नऊ दोन चार पाच आठ ते दहा प्रति आठ मीटर प्रति सेकंद
त्यामुळे आता मला पुढील गोष्टींचा विचार करायचा आहे साइनसॉइडल इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्ह आणि मी तुम्हाला दाखवेन की हे सोल्यूशन जे मी लिहिणार आहे ते मॅक्सवेलच्या समीकरणांशी सुसंगत आहे
त्यामुळे सायनसॉइडल इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्ह म्हणून मी येथे दाखवल्याप्रमाणे या आकृतीमध्ये इलेक्ट्रिक फील्ड x दिशेने निर्देशित करत आहे आणि चुंबकीय क्षेत्र पॉइंट करत आहे. y दिशा आणि प्रसार z च्या बाजूने आहे
त्यामुळे या प्रकारची लहर या स्वरूपाच्या समीकरणांद्वारे दर्शविली जाईल e is equal to i cap e naught sine kz वजा ओमेगा t ही i कॅप हे वस्तुस्थिती दर्शवते की विद्युत क्षेत्र x दिशेने निर्देशित केले आहे आणि शून्य म्हणजे विद्युत क्षेत्राचे परिमाण म्हणजे विद्युत क्षेत्राचे कमाल मूल्य आणि साइन फंक्शन प्रत्यक्षात हे आहे आणि मी तुम्हाला आठवण करून देतो की हे आहे दिलेल्या वेळेत स्थितीचे कार्य म्हणून विद्युत क्षेत्र आणि चुंबकीय क्षेत्राचा प्लॉट कृपया लक्षात ठेवा की हा विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांच्या परिमाण आणि दिशानिर्देशांचा स्नॅपशॉट आहे कारण दिलेल्या वेळेत स्थितीचे कार्य t शून्य अनियंत्रित आहे वेळ ज्याला मी t शून्य बरोबर म्हणतो, मी मागच्या वेळी सुद्धा एक आकृती प्लॉट केली आहे जी विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्र दर्शविते आणि दिलेल्या स्थानावर वेळेचे कार्य म्हणून दर्शविते ती दुसरी आकृती आहे आणि जेव्हा तुम्ही एखादी आकृती पाहता तेव्हा ते लक्षात घेण्यात खूप काळजी घ्या आकृती तंतोतंत काय दर्शवते म्हणून हे विद्युत क्षेत्र आहे आणि मी येथे काढलेले संबंधित चुंबकीय क्षेत्र y दिशेने आहे म्हणून b हे j कॅप काही परिमाण b naug च्या बरोबरीचे आहे ht sine kz मायनस ओमेगा t म्हणून तुम्ही इथे पाहू शकता की मी इलेक्ट्रिक फील्ड सारखेच साइन फंक्शन वापरत आहे आणि ते असे आहे की इलेक्ट्रिक आणि चुंबकीय फील्ड फेजमध्ये आहेत ते दोन्ही समान साइन फंक्शन sin kz वजा ओमेगा t आणि द्वारे दर्शविले जातात. त्यांचे परिमाण e naught आणि b naught आहेत आणि दिशा i cap आणि j कॅप आहेत मी मागच्या वेळी देखील नमूद केले होते की e क्रॉस b वेक्टर e क्रॉस वेक्टर b प्रसाराच्या दिशेने असेल
त्यामुळे तुम्ही e क्रॉस b पाहिल्यास i कॅप क्रॉस j आहे कॅप हे k कॅपच्या बरोबरीचे आहे म्हणजे z दिशेने प्रसार,
त्यामुळे ही आकृती e क्रॉस b कॅप a क्रॉस b प्रसाराच्या दिशेने असणे आवश्यक आहे म्हणून ही या z दिशेने प्रसारित होणारी लाट आहे ज्यामध्ये इलेक्ट्रिक फील्ड a चे परिमाण e शून्य आहे. magnitude b शून्य चुंबकीय क्षेत्र हे दोन्ही टप्प्यात आहेत आता मी काय करणार आहे ते मी तुम्हाला दाखवणार आहे की ही दोन समीकरणे मॅक्सवेलच्या समीकरणांशी सुसंगत आहेत आणि त्यासाठी मी पाहणार आहे मोकळ्या जागेत म्हणून मी इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हचा प्रसार पाहत आहे म्हणजे मोकळी जागा म्हणजे कोणतेही माध्यम नाही आणि कोणतेही शुल्क नाही, कोणतेही विद्युत प्रवाह नाही त्यामुळे विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रे खालील समीकरणे पूर्ण करतात e dot da शून्य अविभाज्य b बिंदू समान आहे da बरोबर शून्य अविभाज्य e डॉट dl समान आहे वजा d बरोबर dt अविभाज्य p dot da आणि integral b dot dl is equal to mu zero epsilon zero d by dt of integral e dot da हा गॉसचा विद्युतीय विद्युत क्षेत्राचा नियम आहे चुंबकीय क्षेत्रासाठी गॉसचा नियम फॅराडेचा इंडक्शनचा नियम आणि सामान्यीकृत अँपिअर नियम आणि या सर्व गोष्टींमध्ये मी येथून उजव्या बाजूला चार्ज काढून टाकला आहे
त्यामुळे येथे शून्य आहे उजव्या बाजूला विद्युत प्रवाह नाही
त्यामुळे विद्युत प्रवाह नाही
त्यामुळे येथे विद्युत् प्रवाहाशी संबंधित कोणतीही संज्ञा नाही आणि या समीकरणांमध्ये फक्त विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रे आहेत आणि मी हे दोन द्रावण लिहिले आहे. आयन मॅक्सवेलच्या समीकरणांशी सुसंगत आहेत आता मला पुन्हा आठवू द्या की ही दोन समीकरणे मला सांगतात की बदलणारे चुंबकीय क्षेत्र विद्युत क्षेत्र निर्माण करेल आणि बदलणारे विद्युत क्षेत्र मला चुंबकीय क्षेत्र देईल आणि चुंबकीय क्षेत्रामध्ये वेळ बदलल्यास विद्युत क्षेत्र आणि वेळ बदलणारे विद्युत क्षेत्र चुंबकीय क्षेत्राकडे नेईल अशा प्रकारे विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्र एकमेकांशी जोडले जातात आणि अशा प्रकारे इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फील्ड स्पेसमधून प्रसारित होतात आणि निर्माण होतात आणि या लहरींना कोणत्याही माध्यमाची आवश्यकता नसते. ध्वनी लहरी किंवा पाण्याच्या लाटा यांच्या

विपरीत प्रसार करण्याशिवाय , ज्या तारेवर एक माध्यम आवश्यक आहे अशा लाटांच्या विपरीत या लहरींना प्रसार करण्यासाठी कोणत्याही माध्यमाची आवश्यकता नसते आणि म्हणून या लहरी प्रकाशवर्षे दूर असलेल्या ताऱ्यांच्या मोक्या जागेतून प्रसारित होऊ शकतात. तिथून येणारा प्रकाश हा मूलत: इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वर्ण आहे आता मी तुम्हाला जे उपाय दाखवणार आहे ते i ही दोन सोल्युशन्स या दोन समीकरणांशी सुसंगत आहेत असे लिहिले आहे म्हणजे या समीकरणाने दिलेले चुंबकीय क्षेत्र आणि या समीकरणांनी दिलेले विद्युत क्षेत्र आणि या दोन सोल्युशन्सशी संबंधित ही दोन समीकरणे येथे ही समाधाने या समीकरणाशी सुसंगत आहेत. चला प्रथम फॅराडेच्या नियमापासून सुरुवात करूया म्हणून मला दाखवायचे आहे की मी जे उपाय लिहित आहे ते मला कोणत्या स्थितीत शोधायचे आहे जे समाधान मी लिहित आहे ते या समीकरणाशी सुसंगत आहे वजा d by dt of integral v dot da आता यासाठी मला पुन्हा x बाय z एक आकृती काढू द्या म्हणजे मी विद्युत क्षेत्राची भिन्नता अशाप्रकारे काढू आणि चुंबकीय क्षेत्राची भिन्नता अशी आहे मी तरंगाचा एक भाग पाहत आहे आणि मला येथे पुन्हा रेखाटू द्या चुंबकीय क्षेत्र रेषा अशा प्रकारे दर्शवित आहेत या क्षणी आणि या क्षणी विद्युत क्षेत्राच्या रेषा वरच्या दिशेने निर्देशित केल्या आहेत ठीक आहे आता मला काय करायचे आहे, मला खालील गोष्टींचा विचार करायचा आहे येथे एक लूप येथे एक लूप आहे ज्याला मी pqrs म्हणतो आणि मला या दिशेने एकीकरण करायचे आहे येथे पहा डाव्या बाजूला बंद मार्गावर एक अविभाज्य आहे आणि उजव्या बाजूला चुंबकीय प्रवाह आहे म्हणून मी एक लूप pqrs घेतो. xz विमान आणि मला हे शोधायचे आहे की मी कोणत्या परिस्थितीत या समीकरणाचे समाधान करत आहे

त्यामुळे येथे एक विद्युत क्षेत्र आहे आणि त्यातून एक चुंबकीय प्रवाह जात आहे म्हणून मी जे क्षेत्र पाहत आहे ते हे क्षेत्र आहे

त्यामुळे माझ्याकडे चुंबकीय क्षेत्र रेषा आहेत हे क्षेत्र ओलांडताना जे y दिशेने आहे आणि तेथे एक विद्युत क्षेत्र आहे जे येथे जागेत आहे, म्हणून मी लिहितो म्हणजे मला शोधायचे आहे मला या मार्गासाठी डावीकडील बाजू आणि उजवीकडील बाजूची गणना करायची आहे या मार्गासाठी आणि त्यांना समान करा आणि एक समीकरण मिळवा आता मी असे गृहीत धरू की या लूपची उंची h आहे आणि हे विमान z आहे az आणि हे एक विमान आहे मी त्याला z अधिक डेल्टा z म्हणतो आणि डेल्टा z हे अत्यंत लहान मूल्य आहे. o f delta z म्हणून ती खूप लहान संख्या आहे आणि मला डाव्या हाताची बाजू आणि उजवीकडील बाजूची गणना करायची आहे, म्हणून प्रथम मी डाव्या बाजूने सुरुवात करतो, म्हणून मला अविभाज्य e dot tl ची गणना करायची आहे म्हणून येथे मार्ग पहा . मी pqrs घेत आहे

त्यामुळे हे इंटिग्रल p ते qe डॉट dl अधिक इंटिग्रल q ते re dot dl अधिक integral r to se dot dl अधिक integral s to pe dot dl असे असेल आणि मला माहित आहे की इलेक्ट्रिक फील्ड इलेक्ट्रिक फील्ड i ने दिले होते cap e naught sine kz उणे ओमेगा t आता

त्यामुळे विद्युत क्षेत्र x अक्षाच्या बाजूने आहे

त्यामुळे जर तुम्ही येथे आधीपासून पथाच्या बाजूने पाहिले तर qr विद्युत क्षेत्र dldl वेक्टरला लंब आहे qr विद्युत क्षेत्र लंब आहे

त्यामुळे या मार्गावर e dot dl असेल शून्य व्हा त्याचप्रमाणे पथ स्पे या रेषेसाठी लंब आहे आणि

त्यामुळे e डॉट l शून्य आहे म्हणून या अविभाज्य q ते rq ते r आणि s ते p हे अविभाज्य शून्य आहेत बाकीचे दोन अविभाज्य e x च्या सर्व मूल्यांसाठी समान आहेत कारण ई फक्त यावर अवलंबून आहे z आणि z आणि z प्लस डेल्टा z वर इलेक्ट्रिक फील्डचे मूल्य वेगळे असेल कारण तुम्ही येथे पाहू शकता की इलेक्ट्रिक फील्ड z सह बदलत आहे

त्यामुळे मला हे eq मिळेल

त्यामुळे अविभाज्य e डॉट dl समान असेल मूलत: तुमच्याकडे असेल दोन घटक p ते qe डॉट dl अधिक r दोन se डॉट dl उरलेले दोन अविभाज्य शून्य झाले आहेत आणि म्हणून p ते qe डॉट dl म्हणून एकूण लांबीमध्ये z अधिक डेल्टा z वरील विद्युत क्षेत्राशिवाय हे दुसरे काहीही नाही कारण या बाजूने विद्युत क्षेत्र स्थिर आहे लांबी आणि dl हे विद्युत क्षेत्राला समांतर आहेत म्हणून e डॉट dl edl आहे आणि e या मार्गावर स्थिर आहे म्हणून ही लांबी hh मध्ये एकीकरणाची ही लांबी आहे आणि मग दुसऱ्या भागात r ते s येथे आपण पहात आहात की विद्युत क्षेत्र निर्देशित आहे वरच्या दिशेने एकत्रीकरणाचा मार्ग r पासून s पर्यंत आहे

त्यामुळे मला नकारात्मक चिन्ह मिळेल e डॉट tl ऋणात्मक असेल आणि मला z चे वजा e h मध्ये मिळेल

त्यामुळे हे z चा e z अधिक डेल्टा z वजा e z मध्ये x शिवाय काहीही नाही आणि डेल्टा z हा अनंत दशांश qu आहे antity आता मी तुम्हाला आठवते अहो तुम्ही फंक्शन d चे डिफरेंशियल डिफाईन केले आहे म्हणून मला एक फंक्शन df द्वारे dx इज इक्वल टू लिमिट डेल्टा x घेऊ द्या x चे शून्य f अधिक डेल्टा x वजा f चे x द्वारे डेल्टा x आहे फंक्शन लिमिट डेल्टा x च्या फरकाची व्याख्या x चे शून्य f अधिक डेल्टा x वजा f चे x द्वारे डेल्टा x जर डेल्टा x खूप लहान असेल तर मी हे dx द्वारे ah df म्हणून लिहू शकतो जर i if मी डेल्टा x चे अगदी लहान मूल्य निवडतो हे अंदाजे f च्या x अधिक डेल्टा x वजा f च्या x च्या डेल्टा x च्या बरोबरीचे आहे म्हणून हे मी x चा f अधिक डेल्टा x बरोबर असे लिहू शकतो जर मी हे सोपे केले तर मला f मिळेल x अधिक डेल्टा x गुणिले df द्वारे dx

त्यामुळे x अधिक डेल्टा x वरील फंक्शनचे मूल्य x अधिक डेल्टा x वरील फंक्शनच्या मूल्याप्रमाणे x च्या संदर्भात x च्या संदर्भात फंक्शनच्या व्हॅल्यूएवढे आहे

त्यामुळे हे छान आहे डेल्टा x च्या मर्यादितील अभिव्यक्ती खूप लहान होत आहे मी x अधिक डेल्टचा f चा विस्तार अशा प्रकारचा वापर करू शकतो ax बरोबर f चा x अधिक डेल्टा x मध्ये d द्वारे dx आता जर तुम्ही हे समीकरण बघितले आणि येथे ही संज्ञा z चा e z अधिक डेल्टा z वजा e आहे z चा f x अधिक डेल्टा x वजा f x चा x आहे. मी ताबडतोब लिहू शकतो e of z अधिक डेल्टा z वजा e ऑफ z द्वारे delta z is equal to de dz म्हणजे z चा e z plus delta z minus e dz द्वारे डेल्टा z वेळा de dz पेक्षा z plus चा e. z चे delta z वजा e हे दुसरे काहीही नाही तर de dz मध्ये delta z मध्ये आहे

त्यामुळे मला खालील समीकरण मिळाले आहे integral e dot dl is equal to ah

त्यामुळे de dz मध्ये h डेल्टा z आता मला येथे काहीतरी नमूद केले पाहिजे जे हे कार्य लक्षात ठेवा फील्ड e हे z आणि वेळ या दोन्ही स्थितीचे कार्य आहे आणि माझे व्युत्पन्न हे व्हेरिएबल्सच्या स्थितीपैकी एकाच्या संदर्भात असल्यामुळे हे सहसा आंशिक व्युत्पन्न म्हणून लिहिले जाते म्हणून हे गणितात del e द्वारे del z मध्ये h delta z असे लिहिले जाते. याचा अर्थ एवढाच की मी z ठेवण्याच्या वेळेचे कार्य म्हणून विद्युत क्षेत्राचे व्युत्पन्न घेत आहे स्थिर विद्युत क्षेत्र हे एक व्हेरिएबल आहे जे स्थिती z आणि टाइम t वर अवलंबून असते आणि येथे मी असे म्हणत आहे की मी z वेळ स्थिर ठेवण्याच्या संदर्भात फंक्शनचे व्युत्पन्न घेत आहे म्हणून मी हे del e द्वारे del म्हणून लिहित आहे. z याचा अर्थ असा होतो की त्याला आंशिक डेरिव्हेटिव्ह म्हणतात ते एका समन्वयाच्या संदर्भात फंक्शनचे व्युत्पन्न आहे आणि दुसरा समन्वय स्थिर ठेवतो म्हणून मला जे मिळाले आहे ते अविभाज्य आहे ई डॉट डीएल हे डेल ई बाय डेल झेड मध्ये एच डेल्टा z आता मला द्या उजव्या बाजूकडे पहा या समीकरणाच्या येथे या अविभाज्य भागाची उजवी बाजू आहे जी अविभाज्य आहे b डॉट डा आता मला या क्षेत्रातून प्रवाहाची गणना करणे आवश्यक आहे, तुमच्या लक्षात येणारी पहिली गोष्ट म्हणजे एकीकरण या दिशेने आहे क्षेत्र वेक्टर या दिशेच्या बाजूने आहे कारण क्षेत्रफळ कारण मी केलेले लूप इंटिग्रेशन हे घड्याळाच्या विरुद्ध दिशेने आहे क्षेत्र वेक्टर या दिशेला आहे जे ykj कॅपशिवाय दुसरे काही नाही

त्यामुळे या लूपच्या एकत्रीकरणासाठी क्षेत्र वेक्टर बाजूने आहे दिशा y जी चुंबकीय क्षेत्राची दिशा देखील आहे म्हणून मी ताबडतोब अविभाज्य b डॉट da ची गणना करू शकेन हे आता लक्षात ठेवा डेल्टा z हे खूप लहान प्रमाण आहे आणि म्हणून मी असे गृहीत धरू शकतो की चुंबकीय क्षेत्र z आणि

दरम्यान जवळजवळ स्थिर आहे या क्षेत्रामध्ये z अधिक डेल्टा डेल्टा z हे चुंबकीय क्षेत्र जवळजवळ स्थिर आहे म्हणून हे चुंबकीय क्षेत्राच्या जवळपास समान आहे आणि या संपूर्ण लूपच्या क्षेत्रफळात म्हटले आहे की h वेळा डेल्टा z मध्ये h डेल्टा z आहे

त्यामुळे फॅराडेच्या कायद्यासाठी फॅराडेचा नियम मी d ने मोजला पाहिजे dt of integral b dot da जे काही नाही पण मी पुन्हा del b पूर्वी del p द्वारे hdz मध्ये लिहीन कारण चुंबकीय क्षेत्र हे स्थान आणि वेळेवर अवलंबून असते मी वेळेच्या संदर्भात फरक करत आहे आणि म्हणून मी b चे आंशिक व्युत्पन्न म्हणून आदराने लिहितो h delta z मध्ये वेळेत जा म्हणजे मला मिळाले आहे आणि मला समता कायद्याची डावी बाजू मिळाली आहे

त्यामुळे डाव्या हाताची बाजू खूप आहे म्हणून मी फक्त या समीकरणात बदली करतो म्हणून मी दोन्ही पर्याय बदलतो e खालील समीकरणात e dot dl हे वजा d च्या dt द्वारे integral v dot ta च्या बरोबरीचे आहे

त्यामुळे अविभाज्य e डॉट dli ने del e द्वारे del zh delta z द्वारे गणना केली आहे आणि हे del tx delta z द्वारे del b वजा आहे याचा अर्थ del e आहे del t द्वारे del z समान आहे वजा डेल b द्वारे del t आतापर्यंत फाराडे कायद्याचा अर्थ आहे del e द्वारे del z च्या बदलाचा दर z सह e च्या बदलाचा दर del b च्या वजा del t च्या बरोबर आहे जर मी आधी लिहिलेले उपाय बदलले तर विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रे म्हणून मी येथे पुन्हा समीकरण लिहितो म्हणून मी दाखवले आहे की del e द्वारे del z बरोबर del t द्वारे del t आता e समान असेल तर e शून्य साइन kz वजा प्रमाणे असेल omega t

So del e by del z समान आहे k गुणा e शून्य cos kz वजा ओमेगा tb होता b शून्य साइन kz वजा ओमेगा t

So del b by del t समान असेल आता येथे वजा चिन्ह आहे म्हणून मी करेन मायनस ओमेगा ब नॉट कॉस केझेड मायनस ओमेगा टी मिळवा

त्यामुळे हे डेल ई बाय डेल झेड हे डेल बी द्वारे डेल टी आहे म्हणून मी बदला ute येथे आणि मला हे कोसाइन फंक्शन कॅन्सल होते आणि मला k times e naught is equal to omega time b naught मिळते म्हणून मला एक समीकरण मिळाले याचा अर्थ जर त्या समीकरणांद्वारे विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रे दिलेली असतील तर मला असे आढळले की फॅराडेच्या इंडक्शनच्या नियमाचे समाधान करण्यासाठी ते समाधान विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांचे परिमाण या समीकरणाशी संबंधित असले पाहिजेत के नॉट हे ओमेगा व्ही नॉटच्या बरोबरीचे असले पाहिजेत हे पहिले समीकरण जे मला मिळाले आहे ते आता मला अँपिअर सामान्यीकृत अँपिअरमध्ये समान सोल्यूशन्स लागू करायचे आहेत कायदा तर आता मी बघू या एम्पीयरचा नियम अविभाज्य होता b डॉट dl समान आहे mu zero epsilon zero d by dt of e dot da म्हणून मला डाव्या बाजूची आणि उजवीकडील बाजूची गणना करायची आहे म्हणून मला आकृती काढू द्या पुन्हा इथे म्हणजे माझ्याकडे पुन्हा विद्युत क्षेत्र असे चालू आहे आणि माझ्याकडे असे चुंबकीय क्षेत्र आहे आता मी दुसऱ्या विमानात लूप घेतो

त्यामुळे मी असा लूप घेतो म्हणजे हे पुन्हा हे आहे हा पॉइंट z हा i आहे s पॉइंट z अधिक डेल्टा z म्हणून मी pqrs घेतो आता मी yz प्लेनमध्ये aa लूप घेतो म्हणजे हे z आहे x हे y आहे हे लूप आता y त्या विमानात आहे आणि म्हणून आमच्याकडे हे विमान पार करत इलेक्ट्रिक फ्लक्स आहे आणि एक चुंबकीय क्षेत्र आहे म्हणून मला या लूपमध्ये आणि या लूपने बंद केलेल्या या क्षेत्रासाठी उजव्या बाजूच्या अविभाज्य b डॉट डीएलची गणना करायची आहे आणि या समीकरणात बदल करून विद्युत क्षेत्र आणि शून्य आणि विद्युत क्षेत्र यांच्यातील संबंध पुन्हा शोधायचा आहे. चुंबकीय क्षेत्र b शून्य

त्यामुळे मी इंटिग्रल b dot dl इंटिग्रल b dot dl पुन्हा p ते qb डॉट dlq दोन rb डॉट dl अधिक r दोन sp डॉट dl प्लस s ते pb डॉट dl ची गणना करणे सुरू करू, म्हणून येथे पहा त्यात p दोन qb डॉट dl प्लस आहे q दोन rb डॉट dl अधिक r दोन sv डॉट dl अधिक s दोन pv डॉट dl हा एक संपूर्ण लूप आहे जसे आधी पहा येथे चुंबकीय क्षेत्र y दिशेने आहे आणि ही रेषा दिशेच्या बाजूने आहे आणि त्याचप्रमाणे ही रेषा म्हणजे अविभाज्य b डॉट डीएल क्यू ते आर आणि s ते p हे शून्य आहेत

त्यामुळे मला फक्त p ते qv डॉट dl अधिक इंटिग्रल r ते sv डॉट dl मिळतील बाकीचे दोन अविभाज्य आता शून्य आहेत चुंबकीय क्षेत्र z वर आहे चुंबकीय क्षेत्राची दिशा समाकलनाच्या मार्गावर आहे

त्यामुळे b डॉट dl bdl आहे त्याचप्रमाणे येथे b डॉट dli गणना करू शकते म्हणून मला हे झेड आणि डेल्टा z वर b वर झेड बरोबर मिळू शकेल. गृहीत धरा की हे अंतर पूर्वीप्रमाणे h आधी आहे म्हणून b येथे z अधिक डेल्टा z मध्ये h आता येथे पहा r ते s अविभाज्य चुंबकीय क्षेत्र y दिशेने निर्देशित आहे आणि माझे एकत्रीकरण वजा y दिशेने आहे

त्यामुळे मला वजा चिन्ह मिळेल

त्यामुळे मला वजा b चे z मध्ये h मध्ये मिळते जे b चा z अधिक डेल्टा z वजा b चे z मध्ये h मध्ये आता b चा z अधिक डेल्टा z वजा b चा z मध्ये डेल्टा z मध्ये del b मध्ये del z च्या जवळपास समान आहे मी del e ची गणना करण्यासाठी दिला होता तोच युक्तिवाद पुन्हा वापरत आहे del zi द्वारे ताबडतोब लिहू शकतो की इथे जसे मी लिहिले होते लक्षात ठेवा मी येथे z चा z अधिक डेल्टा z वजा e z चा डेल्टा zde dzb चा z अधिक डेल्टा z वजा b चा z अंदाजे डेल्टा z del b द्वारे del z

So integral b आहे डॉट dl del b च्या बरोबर असेल del z मध्ये del z मध्ये x delta z पुन्हा मी आंशिक व्युत्पन्न लिहित आहे कारण चुंबकीय क्षेत्र स्थिती आणि वेळेवर अवलंबून असते आणि म्हणून हे z च्या संदर्भात एक व्युत्पन्न आहे वेळ स्थिर ठेवण्यासाठी आता मला उजव्या हाताने गणना करणे आवश्यक आहे बाजू जी इलेक्ट्रिक फ्लक्स ई डॉट डा वर अवलंबून असते

त्यामुळे येथे हे लूपने बंद केलेले क्षेत्र आहे आणि लक्षात ठेवा आता एकत्रीकरण pqrs या दिशेने आहे

त्यामुळे क्षेत्र उजव्या हाताने नियम वापरून हे खाली निर्देशित केले पाहिजे हा एकीकरणाचा मार्ग आहे या दिशेने आणि उजव्या हाताच्या नियमामुळे क्षेत्र खाली दिशेला आहे विद्युत चाक वर दिशेला आहे आणि

त्यामुळे विद्युत प्रवाह ऋणात्मक आहे कृपया या समीकरणात लक्षात ठेवा की विद्युत क्षेत्र वरच्या दिशेने दिशेला आहे क्षेत्र डू पॉइंटिंग आहे wnward आणि

त्यामुळे e dot da be मध्ये आता पुन्हा नकारात्मक चिन्ह असेल जसे की मी असे गृहीत धरणार आहे की या लूपच्या क्षेत्रामध्ये विद्युत क्षेत्र जवळजवळ स्थिर आहे म्हणून या बिंदूने क्षेत्राने गुणाकार केल्यावर हे अविभाज्य फक्त विद्युत क्षेत्र असेल लूपचे म्हणून हे लूपच्या क्षेत्रफळात z च्या e च्या वजाएवढे आहे जे h डेल्टा zi आहे मी असे गृहीत धरत आहे की लूपच्या क्षेत्रामध्ये विद्युत क्षेत्र जवळजवळ स्थिर आहे म्हणून e बिंदू da वजा eda आहे कारण क्षेत्र खालच्या दिशेने निर्देशित केले आहे विद्युत क्षेत्र हे वर दिशेला आहे आणि या बिंदूवर विद्युत क्षेत्र हे z चे अंदाजे e आहे आणि क्षेत्रफळाने गुणाकार केला आहे जो h गुणा डेल्टा z आहे

त्यामुळे mu naught epsilon n naught d dt of integral e dot da समान असेल उणे mu naught epsilon naught del e del t द्वारे h delta z मध्ये पुन्हा मी आंशिक व्युत्पन्न लिहित आहे कारण विद्युत क्षेत्र हे z आणि वेळ या दोन्ही स्थानांचे कार्य आहे आणि हे व्युत्पन्न केवळ वेळेच्या संदर्भात आहे म्हणून मी या इंटमध्ये दोन्ही बदलतो egral of ampere's law b dot dl is equal to mu naught epsilon naught d by dt of integral e dot da म्हणून मी फक्त ah b dot dl integral म्हणून b naught dl इंटिग्रल म्हणजे del b by del zh delta z is equal to उणे mu naught epsilon naught del e by del th delta z ज्याचा अर्थ del b द्वारे del z आहे वजा mu naught epsilon naught del e by del t, जसे माझ्याकडे del e द्वारे del z del b द्वारे del ti असे समीकरण होते तसे दुसरे नाते आहे del b द्वारे del z आणि del e द्वारे del t दरम्यान जर मी लिहिलेल्या उपायांना अँपिअर सामान्यीकृत अँपिअरच्या नियमाचे समाधान करायचे असेल तर विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांनी हे समीकरण पूर्ण केले पाहिजे del b द्वारे del z हे उणे mu शून्य एप्सिलॉन शून्य डेल आहे e del t द्वारे म्हणून मी सोल्यूशनला बदलू दे म्हणून मी हे पुन्हा लिहू दे

त्यामुळे del v by del z is equal to उणे mu naught epsilon naught del e by del t now b is equal to b naught sine kz वजा ओमेगा t

So del b by del z is equal to kb nought kb nought cos kz मायनस ओमेगा टे हे ई नॉट साइन kz ने दिले होते वजा ओमेगा टी

So del e द्वारे del t समान आहे वजा ओमेगा ई शून्य कॉस kz वजा ओमेगा डिफरेंशियल सिन कोसाइन आहे आणि येथे वजा चिन्ह असल्यामुळे मला येथे वजा मिळेल आणि ओमेगा म्हणून जर मी या समीकरणात हे बदलले तर मला k गुणिले b शून्य म्हणजे mu शून्य एप्सिलॉन शून्य बरोबर ओमेगा ई नॉट मिळतील म्हणजे हे आणखी एक समीकरण आहे जर मी लिहिलेले उपाय सामान्यीकृत अँपिअरच्या नियमाचे पालन करत असतील तर ई नॉट आणि नॉटने समाधान केले पाहिजे हे समीकरण म्हणून आता मला मिळालेले दुसरे समीकरण आठवते जे अह फॅराडेच्या नियमाचे समाधान करण्याची अट आहे म्हणून मला दोन समीकरणे मिळाली आहेत जर मी लिहिलेले उपाय अँपिअर अह फॅराडेच्या इंडक्शन ई नॉट आणि बी नॉटच्या नियमाशी संबंधित असतील तर जर सोल्यूशन्सने सामान्यीकृत अँपिअर कायद्याचे समाधान केले पाहिजे आणि शून्य आणि शून्य याचा संबंध असेल तर मी ही समीकरणे पुन्हा लिहू आणि सोपी करू या म्हणून माझ्याकडे आता दोन समीकरणे आहेत

त्यामुळे k गुणाकार आणि शून्य समान आहे to omega times b naught आणि k times b naught is equal to mu naught epsilon n naught omega e nought म्हणून मला या दोन्ही समीकरणांचा गुणाकार करू दे मला k वर्ग e naught b naught is equal to mu naught epsilon n naught omega Square e nought b naught

त्यामुळे मी ई नॉट बी नॉट रद्द केले तर मला k स्क्वेअर मु नॉट एप्सिलॉन नॉट ओमेगा स्क्वेअर बरोबर मिळेल,

त्यामुळे आता मला ओमेगा आणि k यांच्यात एक संबंध आला आहे जो सोल्यूशनमध्ये kn ओमेगा आहे आणि लक्षात ठेवा की मी चर्चा करत होतो.

स्ट्रिंगवरील लाटा मी ओमेगा बाय k म्हणून तरंगाच्या गतीची व्याख्या केली होती

त्यामुळे ओमेगा आणि k याच्याशी संबंधित आहेत

त्यामुळे तरंगाचा वेग ओमेगा बाय k आहे जो एप्सिलॉन शून्य mu शून्याच्या वर्गमूळाच्या एकाच्या बरोबरीचा आहे. मी तुम्हाला दाखवलेल्या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हचा वेग हा आहे की मी विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांच्या सोल्यूशन्सच्या वेव्हच्या रूपात सुरुवात केली आहे, अहो मी तुम्हाला स्लाईड पुन्हा दाखवतो इथे इलेक्ट्रिक आणि चुंबकीय क्षेत्रे आम्ही फॉर्ममध्ये लिहिली आहेत. च्या aw ave येथे sine kz मायनस ओमेगा t असे लिहिलेले इलेक्ट्रिक फील्ड जे z दिशेने चुंबकीय क्षेत्राच्या बाजूने प्रसारित होणारी एक लहर आहे jb शून्य पाप kz वजा ओमेगा ta चुंबकीय क्षेत्र प्रसारित करणे z दिशेने एक लहर आहे या दोन विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांशी संबंधित आहेत इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फील्ड आणि जर या दोन सोल्युशन्समध्ये मॅक्सवेलच्या समीकरणांचे समाधान करायचे असेल तर आम्हाला आढळले की या लाटा आहेत कारण मी असे सोल्यूशन लिहिले आहे की या लाटा आहेत आणि या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी आहेत आणि मोकळ्या जागेत इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरीचा वेग आहे एप्सिलॉन नॉट mu naught द्वारे एक दिलेला आहे ज्याला खरंतर c मोकळ्या जागेत प्रकाशाचा वेग म्हणतात आणि हा वेग आहे जो मी आधी लिहिला होता

त्यामुळे तुम्ही इथे पहा की मोकळ्या जागेत इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हच्या वारंवारतेपासून स्वतंत्र असलेल्या सर्व इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लाटा काही फरक पडत नाहीत. तुम्ही मेगाहर्ट्झ फ्रिक्वेन्सीवर रेडिओ लहरी घ्या किंवा गीगा हर्ट्झ फ्रिक्वेन्सी किंवा lig वर मायक्रोवेव्ह घ्या की नाही हे तुम्ही किती वारंवारता घेता ht लहरी किंवा क्ष किरण किंवा गॅमा किरण या सर्व लहरी ज्यामध्ये विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रे असतात त्या एकाच वेगाने प्रसारित होतात c जे एप्सिलॉन शून्य mu शून्य वर्गमूळ द्वारे एक आहे म्हणून हे एक आह आहे हे एक अतिशय महत्वाचे नाते आहे जे आपल्याला मिळाले आहे आज मी तुम्हाला जे दाखवले आहे ते म्हणजे विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्र मोकळ्या जागेत लहरींच्या रूपात प्रसारित होऊ शकते आणि या लहरींचा वेग मोकळ्या जागेत एप्सिलॉन शून्य म्यू शून्याच्या वर्गमूळाच्या एकाने दिलेला असतो,

त्यामुळे मूलत: माझ्याकडे काय आहे. मॅक्सवेलचे समीकरण प्रत्यक्षात सोडवले नाही तर उपाय मिळाले पण मी तुम्हाला मूलत: दाखवले आहे की जर मी विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्राचे वेव्ह सोल्यूशन लिहिले तर मी मॅक्सवेलची समीकरणे पूर्ण करू शकेन, ही सोल्यूशन्स जास्तीत जास्त समीकरणे पूर्ण करू शकतील बशर्ते या लहरी वेगाने प्रवास करतात. एप्सिलॉन शून्य मु शून्य वर्गमूळ द्वारे एकाने दिले आणि हे जेम्स क्लार्क मॅक्सवेलचे भाकीत होते आणि जेव्हा त्याला आढळले की प्रकाशाचा वेग हा इलेक्ट्रोमॅगनचा वेग आहे एटिक वेव्ह एप्सिलॉन शून्य स्थिरांक आणि म्यू शून्य स्थिरांकाशी संबंधित आहे आणि या समीकरणातून त्याला मिळालेले c चे मूल्य मोकळ्या जागेत प्रकाशाच्या वेगाच्या मोजलेल्या गतीच्या इतके जवळ होते की त्याने भाकीत केले की प्रकाश असावा इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक आणि मी आधी सांगितल्याप्रमाणे 1888 मध्ये हर्ट्झने प्रयोग केले आणि या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरींचे जनरेशन डिटेक्शन दाखवले आणि नंतर आम्हाला आता समजले आहे की इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी सर्व प्रकारच्या फ्रिक्वेन्सींवर अस्तित्वात आहेत आणि त्यांना आम्ही वेगवेगळी नावे दिली आहेत. फ्रिक्वेन्सी आणि अगदी तशाच आधी मोकळ्या जागेत इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरींचा वेग c जो अंदाजे तीन दहा प्रति आठ मीटर प्रति सेकंद आहे आणि लक्षात ठेवा इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरींची तरंगलांबी लॅम्बडा बरोबर आहे ही c by nu आहे

त्यामुळे वेगवेगळ्या फ्रिक्वेन्सी वेगवेगळ्या द्वारे वैशिष्ट्यीकृत आहेत तरंगलांबी या सर्व मोकळ्या जागेतील तरंगलांबी आहेत म्हणून मी तुम्हाला fre ची मूल्ये बदलण्याची विनंती करेन रेडिओ लहरी मायक्रोवेव्ह प्रकाश लहरी एक्स किरण आणि गॅमा किरण आणि तरंगलांबी मोजा आणि तुम्हाला दिसेल की रेडिओ लहरी सामान्यत: काही शंभर मीटर तरंगलांबीच्या मायक्रोवेव्हच्या श्रेणीमध्ये असतात सेंटीमीटरमध्ये असतात प्रकाश लहरी नॅनोमीटरमध्ये असतात x किरणांपेक्षा खूपच लहान असतात नॅनोमीटरचा तो अपूर्णांक आणि नंतर तुमच्याकडे पिकोमीटरच्या श्रेणीमध्ये गॅमा किरण आहेत

त्यामुळे तरंगलांबी संपूर्ण तरंगलांबीच्या श्रेणीमध्ये असते आणि त्याचप्रकारे वारंवारतेची पूर्तता करतात म्हणून या सर्व इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी आहेत आता एकदा मला या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लाटा मिळाल्यानंतर लक्षात ठेवा की मी तुम्हाला दीर्घकाळ दाखवले आहे. जेव्हा आपण इलेक्ट्रोस्टॅटिक्स आणि मॅग्नेटोस्टॅटिक्सवर चर्चा करत होतो तेव्हा विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांमध्ये ऊर्जा साठलेली असते आणि साठवलेली ऊर्जा ही विद्युत चुंबकीय लहरींमध्ये साठवलेल्या ऊर्जाद्वारे दिली जाते म्हणून मी आधी दाखवले होते की इलेक्ट्रोस्टॅटिक ऊर्जा घनता अर्धा एप्सिलॉन शून्य आहे e चौरस जो विद्युत ऊर्जा घनता ऊर्जा प्रति युनिट खंड समान आहे चुंबकीय ऊर्जेची घनता एक बाय दोन mu शून्य b चौरस आहे आता आम्हाला येथे हे दोन उपाय मिळाले आहेत आणि मी तुम्हाला एप्सिलॉन शून्य mu शून्य वर्गमूळ द्वारे गती s वन दाखवली आहे, म्हणून हे समीकरण देखील लक्षात घ्या या समीकरणाचा अर्थ काय आहे ते मला पाहू द्या ke nought मला ते समीकरण वाचू द्या म्हणजे k गुणा e शून्य म्हणजे ओमेगा वेळा v शून्य ह्याचा अर्थ होतो b शून्य म्हणजे k बरोबर ओमेगा मध्ये e शून्य आणि k बरोबर ओमेगा एक आहे c म्हणून हे c बरोबर e शून्य आहे

त्यामुळे जर e शून्य हे इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हमध्ये इलेक्ट्रिक फील्डचे कमाल मूल्य दर्शविते तर इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हमधील चुंबकीय क्षेत्राचे कमाल मूल्य c ने शून्य आहे जेथे c हा मोकळ्या जागेत प्रकाशाचा वेग आहे म्हणून हा पुन्हा एक अतिशय महत्त्वाचा संबंध आहे i हे लक्षात ठेवले पाहिजे की मोकळ्या जागेत इलेक्ट्रॉन आणि इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हचे इलेक्ट्रिक आणि चुंबकीय क्षेत्रे b naught is equal to e naught by c शी संबंधित आहेत, म्हणून मी येथे हे उदाहरण म्हणून बदलू आणि मला जे मिळते ते ub समान होते. ub ला एक बाय दोन mu शून्य ah b वर्ग होता जो एक बाय

दोन mu शून्य b शुन्य चौरस sine चौरस kz वजा ओमेगा t जो एक बाय दोन mu शून्य बरोबर आहे आता p नॉट ई नॉट द्वारे c So e शून्य स्क्वेअर बाय c स्क्वेअर साइन स्क्वेअर kz वजा ओमेगा टी आणि हे एक बाय दोन mu शून्य आहे आता एक बाय c स्क्वेअर आहे एप्सिलॉन शून्य mu शून्य e शून्य स्क्वेअर साइन स्क्वेअर kz वजा ओमेगा टी जे एक बाय टू एप्सिलॉन शून्य ई शून्य स्क्वेअर पाप स्क्वेअर आहे kz वजा ओमेगा t म्हणजे चुंबकीय उर्जा घनता विद्युत उर्जेची घनता एक बाय दोन एप्सिलॉन शून्य ई स्क्वेअर आहे जी एक बाय दोन एप्सिलॉन शून्य ई स्क्वेअर नसून काही नाही e e शून्य आहे c द्वारे तुम्हाला जे आढळले ते इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हमधील विद्युत क्षेत्राची उर्जा घनता आहे आणि विद्युत चुंबकीय लहरीतील चुंबकीय क्षेत्राची ऊर्जा घनता तंतोतंत समान आहे दोन्ही अर्धा एप्सिलॉन शून्य आणि शून्य s च्या समान आहेत. quare sin स्क्वेअर kz मायनस ओमेगा टी

त्यामुळे इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्ह जसजशी ती प्रसारित करते ती ही उर्जा वाहून नेत असते म्हणून मी एकूण उर्जा घनता लिहू शकतो u म्हणजे ue अधिक ub जे एप्सिलॉन शून्य आणि शून्य स्क्वेअर साइन स्क्वेअर kz वजा ओमेगाच्या बरोबरीचे होते ti ने या दोन जोडल्या आहेत ही इलेक्ट्रिक फील्ड एनर्जी डेन्सिटी आहे चुंबकीय फील्ड एनर्जी डेन्सिटी ते समान आहेत आणि म्हणून मला एप्सिलॉन झिरो आणि नॉट स्क्वेअर sin स्क्वेअर kz वजा ओमेगा t मिळतो आता ही वेळ बदलणारी आणि स्थिती बदलणारी फंक्शन आहे जसे तुम्ही ते पाहू शकता. sin स्क्वेअर kn वजा ओमेगा t म्हणून बदलते आता ऑप्टिकल फ्रिक्वेन्सीवर वारंवारता खूप मोठी आहे

त्यामुळे हे फॉलो करणे खूप कठीण आहे म्हणून आपण सामान्यपणे काय करतो ते म्हणजे या उर्जेच्या घनतेची सरासरी वेळ सरासरी काढणे आणि मी वेळ मोजू शकतो सरासरी एक बाय एक म्हणून मी याला यू डॅश वन बाय टी इंटिग्रल झिरो टू टुडटी इंटिग्रेट ओव्हन ओमेगा बरोबर दोन पाई असे म्हणतो तरंगाचा ne कालावधी समाकलनाच्या वेळेने भागला जातो आणि मला सरासरी मूल्य मिळते म्हणून सरासरी काढण्यासाठी मी एका विशिष्ट प्रदेशात एकत्रित करतो आणि त्या प्रदेशाच्या रुंदीने भागतो आणि मला सरासरी मिळते म्हणजे हे एप्सिलॉनच्या बरोबरीचे असते 0 e नॉट स्क्वेअर बाय t 0 ते t चा sin स्क्वेअर kz वजा ओमेगा tdt सह t दोन pi ओमेगाने दिलेला आहे आणि आह मला विश्वास आहे की हे एप्सिलॉन शून्य ई शून्य स्क्वेअरच्या अर्ध्या बरोबरीचे आहे हे दाखवण्यात तुम्हाला अडचण आहे म्हणून तुम्ही दाखवा की 1 बाय t इंटिग्रल 0 ते t sin स्क्वेअर kn वजा ओमेगा t dt प्रत्यक्षात अर्धा आहे तुम्हाला हे माहित असले पाहिजे की sin स्क्वेअर फंक्शनची सरासरी कोसाइन स्क्वेअर फंक्शनची सरासरी अर्धी आहे म्हणजे सरासरी अर्धा आहे आणि ती वेळ आहे इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्हशी संबंधित सरासरी एकूण उर्जा घनता आणि ही ऊर्जा प्रत्यक्षात येथे प्रसारित होत आहे म्हणून मी प्रत्यक्षात खालील परिस्थिती पाहू शकतो म्हणून मी मला एक एकक क्षेत्र घेऊ दिले आहे म्हणून हे एकक क्षेत्र आहे आणि लांबी ci एक घन घ्या क्युबोई d ची लांबी c आणि एकक क्षेत्रफळ आहे जेणेकरून तुम्ही येथे पाहू शकता की लाटा या दिशेने पसरत आहेत ही दिशा आहे

त्यामुळे एका युनिट वेळेत या खंडामध्ये असलेली सर्व ऊर्जा या खंडामध्ये असलेली सर्व ऊर्जा या क्षेत्राला ओलांडून जाईल. हे क्षेत्र पार करा म्हणजे मी सरासरी ऊर्जा क्रॉसिंग युनिट क्षेत्रफळ प्रति युनिट वेळेत ऊर्जा घनतेच्या बरोबरीने मोजू शकतो जे घनतेमध्ये c मध्ये आहे जे एक बाय दोन c एप्सिलॉन शून्य ई शून्य चौरस आहे म्हणून ही ऊर्जा जी इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरींमध्ये असते प्रसार होत आहे आणि एका युनिट वेळेत c आणि एकक क्षेत्रफळाच्या या खंडात असलेली ऊर्जा पृष्ठभाग ओलांडते आणि ती ऊर्जा ही असते आणि याला तीव्रता असेही म्हणतात आणि सामान्यतः i म्हणून संदर्भित केले जाते इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरीची तीव्रता हाफ एफसी एप्सिलॉन झीरो ई नॉट स्क्वेअर द्वारे दिलेली तीव्रता आणि विद्युत क्षेत्र या संबंधाद्वारे संबंधित आहेत खूप महत्वाचे संबंध जर तुम्हाला तीव्रता माहित असेल तर y तुम्हाला पॉवर क्रॉसिंग प्रति युनिट क्षेत्रफळ प्रति युनिट वेळेची माहिती आहे मग तुम्ही येथे संबंधित विद्युत क्षेत्राची गणना करू शकता आणि म्हणून मी हे समीकरण येथे पुन्हा लिहूया म्हणजे मी एक बाय दोन c एप्सिलॉन शून्य ई शून्य चौरस आहे आणि ई शून्य देखील समान आहे c एप्सिलॉनचे दोन i चे वर्गमूळ

त्यामुळे जर तुम्हाला तीव्रता माहित असेल तर तुम्ही विद्युत क्षेत्राची गणना करू शकता जर तुम्हाला विद्युत क्षेत्र माहित असेल तर तुम्ही त्या लहरींची तीव्रता मोजू शकता आहा, आता आम्ही काय केले आहे ते म्हणजे आम्ही खरोखर इलेक्ट्रिक आणि लिहीले आहे. चुंबकीय क्षेत्रे लाटा म्हणून आणि मी तुम्हाला दाखवले आहे की मी लिहिलेले समाधान मॅक्सवेलच्या समीकरणांना समाधान देणारे मॅक्सवेलच्या समीकरणांशी सुसंगत आहे बशर्ते मी गती c म्हणून घेतली आणि मला विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांच्या विशालतेचा संबंध मिळेल आणि हे असे आहे अंदाज होता आता मला काही उदाहरणे घ्यायची आहेत आणि ठराविक परिस्थितीत कोणत्या प्रकारचे इलेक्ट्रिक फील्ड तयार होतात याची गणना करायची आहे म्हणून पहिले उदाहरण जे मला पहायचे आहे ते सूर्य आहे सूर्यप्रकाशापासून होणारा प्रकाश हा एक विद्युत चुंबकीय लहरी असून सूर्यप्रकाश पृथ्वीवर पडतो कारण तो पृथ्वीच्या बाहेर येतो तो खूप जास्त असतो परंतु पृथ्वीच्या वातावरणात पसरत असताना तो विखुरला जातो

त्यामुळे शेवटी पृथ्वीवर पडताना त्याची सरासरी तीव्रता वाढते . जमीन अंदाजे 1000 वॅट्स प्रति चौरस मीटर आहे जी तीव्रतेचे एकक आहे इतकी शक्ती प्रति युनिट क्षेत्र इतकी आहे की तीव्रता जी वॅट्स प्रति चौरस मीटर आहे म्हणून मी हे वापरू शकतो मी हे गृहीत धरत आहे की ही एकल वारंवारता लहर आहे आणि ती फक्त सरासरी आहे मी हे समीकरण विद्युत क्षेत्राची गणना करण्यासाठी वापरू शकतो

त्यामुळे सूर्यप्रकाशाचे विद्युत क्षेत्र दोन i बाय c एप्सिलॉन शून्य आहे जे उजव्या प्रति अर्ध्या समान आहे जे प्रकाशाच्या वेगाने दोन ते दहा ते घात तीन इतके आहे मोकळ्या जागेत तीन दहा पॉवर आठ मध्ये एप्सिलॉन शून्य जे आठ पॉइंट आठ पाच दहा ते उणे बारा ते दीड पर्यंत वाढवले जाते आणि हे अंदाजे आठशे सत्तर व्होल्ट p आहे er मीटर म्हणजे सूर्यप्रकाश प्रति मीटर सुमारे आठशे सत्तर व्होल्टपेक्षा जास्त संभाव्य व्होल्टेज इलेक्ट्रिक फील्ड तयार करत आहे आणि मी संबंधित चुंबकीय क्षेत्र देखील मोजू शकतो v शून्य हे e शून्याने c जे आठ सत्तर भागिले तीन दहा पॉवर आहे आठ म्हणजे अंदाजे तीन ते दहा ते उणे सहा टेस्ला, आठशे सत्तर वॅट्स प्रति मीटर या क्रमाचे विद्युत क्षेत्र आणि तीन सूक्ष्म टेस्ला या क्रमाचे चुंबकीय क्षेत्र
त्यामुळे सूर्याच्या विद्युत चुंबकीय लहरी अशा प्रकारच्या विद्युत् आणि चुंबकीय क्षेत्रे मी आणखी एक उदाहरण घेऊ या एकोणीस सत्तरीमध्ये एक उपग्रह प्रक्षेपित करण्यात आला होता ज्याला व्हॉयेजर म्हणतात सप्टेंबर 1977 मध्ये त्याने गेल्या 30 वर्षांमध्ये प्रवास केला आहे आणि तो सूर्यमाला सोडून अंतराळात गेला आहे आणि

त्यामुळे वर्तमान अंतर सुमारे 2 ते 10 ते पॉवर 13 मीटर आहे आणि ट्रान्समीटर पॉवर सुमारे 20 वॅट्स आहे आता हा ट्रान्समीटर प्रसारित होत नाही सर्व दिशानिर्देश आहेत परंतु हे अँटेनाचे एक रूप आहे जे तुम्ही केबल टेलिव्हिजन अँटेनासाठी वापरत असलेला अँटेना तुम्ही पाहिला असेल,
त्यामुळे एक अँटेना आहे जो प्रत्यक्षात लहरींना एका विशिष्ट दिशेने निर्देशित करतो आणि

त्यामुळे सर्व दिशांना जाण्याऐवजी विद्युत चुंबकीय लहरी या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरींचा प्रसार प्रत्यक्षात कमी करू शकतो आणि तुम्हाला पाहिजे त्या दिशेने इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरीची तीव्रता वाढवू शकतो आणि म्हणून आम्ही अँटेना गेन म्हणून परिभाषित करतो जे अंदाजे सहा पॉइंट पाच ते दहा प्रति चार आहे जे मूलत: देते. मला किती वाढलेली तीव्रता मिळते कारण मी आता एका विशिष्ट दिशेने इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी निर्देशित करत आहे आणि सर्व दिशांना विकिरण करत नाही आणि मी नंतर प्राप्त झालेल्या तीव्रतेची गणना करू शकतो जी वीस वॅट्स इतकी आहे की उत्सर्जित होणारी शक्ती सहा आहे बिंदू पाच पट शक्ती चार भाग चार pi ने अंतराच्या चौकोनात जे दोन ते दहा ते घात तेरा आहे चौरस आणि जर तुम्ही याची गणना केली तर ते सुमारे दोन पॉइंट सहा दहा ते उणे बावीस वॅट्स प्रति चौरस मीटर इतके निघते, तीव्रतेचे एक अत्यंत लहान मूल्य जे त्या व्हॉयेजर स्पेसक्राफ्टमधून येथे येत आहे आणि आम्ही लगेच संबंधित विद्युत क्षेत्राची गणना करू शकतो. फील्ड दोन i बाय c एप्सिलॉन झिरो रेझ प्रति अर्धा आहे आणि ते चार पॉइंट चार दहा ते उणे दहा व्होल्ट प्रति मीटर इतके आहे आणि चुंबकीय क्षेत्र c च्या बरोबरीचे आहे जे अंदाजे एक पॉइंट पाच ते दहा ते दहा आहे वजा अठरा हे हे एक अतिशय लहान विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्र आहे जे अंतराळयानातून येत आहे आणि आमचे डिटेक्टर हे सिग्नल शोधण्यात सक्षम आहेत आणि एक अंतिम उदाहरण जे मला तुम्हाला द्यायचे आहे ते म्हणजे लेसर समजा मी लेझर घेतो. तुमच्यापैकी तुम्ही लेझर पॉइंटर्स पाहिल्या असतील

त्यामुळे मी जर मी दहा मिली वॅट्सची लेसर पॉवर घेतली जी दहा ते उणे दोन वॅट्स इतकी असते आणि जर मी त्रिज्या गृहीत धरली तर त्यांच्याकडे असते. लेसर बीमची तीव्रता सुमारे एक मिलिमीटर आहे तर तीव्रता क्षेत्रफळानुसार पॉवरच्या बरोबरीची आहे जी दहा ते उणे दोन बाय पाई मध्ये आर स्क्वेअर आहे जी दहा ते उणे सहा मीटर स्क्वेअर आहे म्हणजे दहा पॉवर चारच्या बरोबरीची आहे प्रति चौरस मीटर pi वॅट्स द्वारे आणि मी ताबडतोब ई शून्याची गणना करू शकतो जी दोन i बाय c एप्सिलॉन शून्य वाढ प्रति अर्धा आहे जी एक पॉइंट पाच किलो व्होल्ट प्रति मीटर आहे आणि संबंधित चुंबकीय क्षेत्र c द्वारे शून्य आहे जे बाहेर येते पाच दहा ते उणे सहा टेस्ला असू द्या म्हणजे तुम्ही पाहू शकता की येथे पॉवर लेव्हल खूप मजबूत आहे जे सुमारे एक हजार वॅट्स प्रति 3000 वॅट प्रति चौरस मीटर आहे आणि संबंधित विद्युत क्षेत्र हे चुंबकीय क्षेत्र आहे म्हणून मला वाटले ही दोन किंवा तीन उदाहरणे आहेत तुम्हाला कदाचित स्वारस्य असेल की तुम्ही इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरींच्या तीव्रतेवरून गणना करू शकता , तुम्ही संबंधित विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांची गणना करू शकता आणि म्हणून आम्ही जे केले आहे ते आता आमच्याकडे आहे इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझमच्या या कोर्सच्या शेवटी या, म्हणून आपण पूर्वीच्या व्याख्यानांमधून विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांचे वर्णन करणारे कायदे मिळवले आहेत ते आठवू या आणि ही विद्युत क्षेत्रे कोणती आहेत आणि चुंबकीय क्षेत्रे कोणती आहेत हे समजून घेण्याचा प्रयत्न आपण समीकरणे लिहून ठेवतो. आणि शेवटी आम्ही सर्व समीकरणे मॅक्सवेलची समीकरणे नावाच्या समीकरणांच्या संचामध्ये एकत्र केली, मॅक्सवेलने त्या समीकरणांमध्ये अँपिअरच्या नियमात खूप महत्त्वाचे योगदान दिले आणि ज्याला आम्ही विस्थापन प्रवाह म्हणतो आणि आम्हाला चार अतिशय महत्त्वाची समीकरणे मिळाली जी सर्व विद्युतचुंबकत्वाचे वर्णन करतात. लॉरेंट्झ फोर्स कायद्यासह समीकरणे जी आम्ही आधीच वापरली आहेत ती आपल्याला कल्पना करू शकतील अशा सर्व प्रणालींचे संपूर्ण इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वर्तन देतात आणि म्हणून ही समीकरणे भौतिकशास्त्र अभियांत्रिकीचा एक अतिशय महत्त्वाचा भाग बनतात. आज आम्ही अनेक अनुप्रयोगांमध्ये इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी वापरत आहोत. मोबाईल संप्रेषण रेडिओ लहरी किंवा सूक्ष्मावर अवलंबून असते आमच्याकडे प्रकाश लहरी आहेत ज्या विविध अनुप्रयोगांसाठी वापरल्या जात आहेत आमच्याकडे संप्रेषण उपग्रह आहेत रेडिओ लहरींचे प्रक्षेपण दूर दूरवरून आमच्याकडे आहे आम्ही सर्व संभाव्य अनुप्रयोगांवर इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी वापरत आहोत आणि या आपल्या समाजाचा एक अतिशय महत्त्वाचा घटक आहेत आणि मला वाटते की आम्ही या समीकरणांचा वापर करून हे वापरता आले आहे. विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांमागील काही अतिशय मनोरंजक भौतिकशास्त्र समजून घेण्याचा प्रयत्न करा आणि आपण मोकळ्या जागेत इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी कशा तयार करू आणि प्रसारित करू शकतो ही एक अतिशय महत्त्वाची बाब आहे की या लहरींना कोणत्याही माध्यमाची आवश्यकता नाही. प्रसार करण्यासाठी तुमच्याकडे मोकळ्या जागेत इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लाटा पसरत आहेत आणि हा वेग जो येथे आहे तो प्रकाश c चा वेग देखील आइन्स्टाईनने मांडलेल्या विशेष सापेक्षतेचा आधार बनतो आणि

त्यामुळे मला आशा आहे की मी तुम्हाला काही उत्साह सांगू शकलो आहे. आणि मॅक्सवेलच्या समीकरणांमागील स्वारस्य आणि अद्भुत भौतिकशास्त्र आणि पूर्व प्रकार त्यांनी दिलेले शब्द समजण्यासारखे बरेच काही आहे तुम्हा सर्वांसाठी आम्ही मटेरिअलमध्ये इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक वेव्ह मटेरिअलमध्ये इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझमची चर्चा केलेली नाही, म्हणून त्यांच्यापैकी पुष्कळ गोष्टी म्हणून समजू शकू आणि मी पहिल्या लेक्चरमध्ये मेटा मटेरिअलची अतिशय मनोरंजक संकल्पना सांगितल्याप्रमाणे आणि नकारात्मक अपवर्तक निर्देशांक आणि असेच हे सर्व इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझमच्या कक्षेत येतात आपण प्रत्यक्षात संरचना तयार करू शकतो आपण रचना तयार करू शकतो ज्यामध्ये आपल्याला इलेक्ट्रिक परमिटिव्हिटी एप्सिलॉन आणि चुंबकीय पारगम्यता mu चे अतिशय मनोरंजक गुणधर्म मिळू शकतात आणि म्हणून हे आहेत आज भौतिकशास्त्राचा एक अतिशय महत्त्वाचा पैलू आहे आणि मला आशा आहे की तुम्ही इलेक्ट्रोमॅग्नेटिझमवरील व्याख्यानांचा कोर्स आवडला असेल आणि तुम्हाला शुभेच्छा दिल्या असतील, तुमचे खूप खूप आभार.