

मागील लेक्चरमध्ये आम्ही आमची चर्चा लाटांवर सुरू केली होती आणि मी तुम्हाला त्या लहरींबद्दल जे सांगितले होते ते म्हणजे एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाणारे त्रास आणि विशेषतः ज्या लहरींवर आपण लक्ष केंद्रित करत आहोत त्या विखुरलेल्या लहरी होत्या आणि जर मी एखादी विशिष्ट डिस्टर्बन्स आणि त्याला स्ट्रिंग खाली जाऊ द्या किंवा कुठेतरी त्याचा आकार बदलत नाही कारण तो प्रवास करत आहे आणि आम्हाला फंक्शनचे स्वरूप प्राप्त झाले आहे म्हणून जर हे फंक्शन f असेल तर लहरीसाठी $f(x,t)$ हे एकतर x चे फंक्शन म्हणून दिले जाते मायनस vt किंवा f इतर काही फंक्शन f आपण याला $f \text{ bar } t$ मायनस x ओव्हर v म्हणूया हे उजवीकडे प्रवास करणाऱ्या लाटांसाठी असेल त्यामुळे अनौपचारिक भाषेत प्रवास करणाऱ्या लाटा मी त्याला उजवीकडे म्हणतो पण प्रत्यक्षात लाटा सकारात्मक दिशेने प्रवास करतात x दिशा आणि नकारात्मक x दिशेने प्रवास करणाऱ्या लहरींसाठी ऋण x दिशेने प्रवास करणाऱ्या लहरींसाठी x t चे हे कार्य x अधिक vt किंवा इतर काही फंक्शन म्हणून दिले जाईल टी प्लस x ओव्हर v चे कार्य म्हणून या प्रवासी लाटा आहेत सध्या असे घडू शकते की विशिष्ट ठिकाणी एखादी लाट एका बाजूने जात असेल आणि दुसरी लाट दुसऱ्या मार्गाने येत असेल किंवा मी अडथळा निर्माण करतो आणि ती दुसऱ्याला भेटते इतरत्र कुठेतरी गडबड आहे म्हणून समजा असा गडबड आहे जी साइनसॉइडल आहे तर हा त्रास प्रवास करत आहे आणि सायनसॉइडल डिस्टर्बन्स प्रवास करत आहे अंतिम विस्थापन कसे दिसते म्हणून आम्ही विचारत असलेला प्रश्न खालीलप्रमाणे आहे की दोन किंवा अधिक लाटा आल्यावर काय होते एकाच वेळी एक ठिकाण मला समजावून सांगते की काय घडते याचा अर्थ काय होतो म्हणून आम्ही जे विचारत आहोत ते विस्थापन म्हणजे काय आहे जसे आपण स्ट्रिंग किंवा दाबामध्ये पाहिले होते जसे आपण दोन वेगवेगळ्या लाटा एका ठिकाणी आल्यावर दाब लहरी किंवा ध्वनी लहरींमध्ये पाहिले त्याच वेळी आपल्याला हेच उत्तर द्यायचे आहे आणि याचे उत्तर लाटांच्या सुपरपोजिशनद्वारे दिले जाते जे सुपरपोजिशन काय म्हणते म्हणून आपण सुपरपोजिशन बद्दल बोलत आहोत जे सुपरपोजिशन काय म्हणते जर एकाच वेळी दोन किंवा अधिक लाटा एका बिंदूवर येत असतील तर याचा अर्थ एक लाट f एक येत असेल तर एक लाट f दोन येत असेल आणि असेच पुढे तर निव्वळ विस्थापन किंवा दाब या दोन लहरी आहेत ज्यांचा आम्ही अभ्यास केला आहे.

आधी त्या बिंदूवर वैयक्तिक विस्थापन किंवा दाबांची बेरीज दिली जाते मी विस्थापन शब्द वापरत राहीन मला पुन्हा पुन्हा दबाव लिहायचा नाही म्हणून त्या बिंदू $f(x,t)$ वरील निव्वळ विस्थापन $f \text{ one } x$ t अधिक f दोन x t आणि त्यामुळे कोणत्याही बिंदूवर जेव्हा मी निव्वळ विस्थापन पाहतो तेव्हा ती तेथे पोहोचणाऱ्या या सर्व विविध लहरींची बेरीज असेल आता हे समाधानकारक रेखीय विभेद समीकरण तरंगांसाठी विशेष आहे मी हे सांगत आहे की पूर्णतेसाठी हे समाधानकारक रेखीय विभेदक समीकरण लहरींमधून उद्भवते आम्ही सध्या ज्या लहरींचा विचार करत आहोत ते मूलतः त्या आहेत ज्या रेखीय भिन्न समीकरणे पूर्ण करतात म्हणून तुम्ही हे गृहीत धरू शकता की आम्ही सुपरपोजिशन तत्त्व वापरणार आहोत e वर्णन करण्यासाठी जेव्हा दोन किंवा अधिक लहरी एका बिंदूवर येतात तेव्हा काय होते त्यामुळे सुपरपोजिशनचे तत्त्व मला निव्वळ विस्थापन देते आणि सुपरपोजिशनचे तत्त्व असे सांगते की त्या बिंदूवरील निव्वळ विस्थापन हे वैयक्तिक विस्थापन किंवा वैयक्तिक दाबांची बेरीज असेल उदाहरणार्थ जेव्हा मी बोलत असतो आणि दुसरे कोणीही एका विशिष्ट बिंदूवर बोलत असते तेव्हा दाबाचा फरक असेल.

जर माझ्याकडे स्ट्रिंग जात असेल आणि दोन व्यक्ती त्यावर दोन भिन्न लहरी निर्माण करतात तर त्याचे विस्थापन स्ट्रिंग या दोन व्यक्तींनी लहरींनी तयार केलेल्या विस्थापनांच्या बेरजेने दिली जाणार आहे , म्हणून मी आताच सांगितले आहे की सुपरपोजिशनचे तत्त्व असे काहीतरी आहे आणि मी ते आता गणितीयपणे सांगेन.

एका बिंदूवर निव्वळ विस्थापन ही त्या बिंदूवर वैयक्तिक लहरींनी दिलेल्या वैयक्तिक विस्थापनांची बेरीज असेल आणि आता मी आहे सायनसॉइडल लहरींचे विशेषीकरण करणार आहे आणि मी तुम्हाला आठवण करून देतो की

या लहरींमध्ये विस्थापन हे kx वजा ओमेगा t चे काही मोठेपणा साइन म्हणून दिले जाते आणि हे ओमेगा टी वजा kx चे मोठेपणा साइन किंवा काही मोठेपणा कोसाइन kx मिनस असे लिहू शकतो.

t आणि नकारात्मक x दिशेकडे प्रवास करणाऱ्या लाटांसाठी सकारात्मक x दिशेकडे किंवा kx च्या साइनच्या दिशेने प्रवास करणाऱ्या लाटांसाठी आणि ओमेगा t च्या इतर कोणत्याही रूपात, म्हणून मी या बाणांनी सूचित करतो आणि मी तुम्हाला आठवण करून देतो की k हा v/k वर ओमेगा आहे तसेच दोन पाई ओव्हर लॅम्बडा लाटांचा वेग फ्रिकेन्सी वेळांद्वारे दिला जातो लॅम्बडा आणि या सर्व गोष्टी आपण यापूर्वी केल्या आहेत त्यामुळे आता सुपरपोजिशनचे कोणते तत्त्व सांगते मग कोणत्याही टप्प्यावर वेगवेगळ्या साइनसॉइडल लहरींच्या आगमनामुळे निव्वळ विस्थापन होणार आहे kx वजा ओमेगा टी च्या मोठेपणा एक साइन खरं तर मला ते k वन आणि ओमेगा वन टी अधिक एक दोन साइन k दोन x वजा ओमेगा टू टी अधिक एक तीन साइन बनवू द्या त्याचा k श्री असू शकतो एक्स लाट नकारात्मक x दिशेकडे ओमेगा श्री t उजवीकडे प्रवास करत असू शकते ती b one कोसाइन ऑफ k फोर x अधिक ओमेगा फोर t आणि त्यामुळे या सर्व शक्यता अस्तित्वात आहेत की निव्वळ विस्थापन ही बेरीज असेल या सर्वांमध्ये सुपरपोजिशन तत्त्वाचा परिणाम असा आहे की परावर्तनाच्या वेळी काहीतरी बरोबर घडते आणि मी चर्चा करणार आहे की उभ्या असलेल्या लाटा विरुद्ध दिशेने प्रवास करणाऱ्या दोन लहरींद्वारे तयार होतात आणि या सर्व घटनांबद्दल आपण नंतरच्या व्याख्यानांमध्ये चर्चा करणार आहोत.

मी बीट्स आणि हस्तक्षेप बद्दल चर्चा करणार आहे की या सर्व घटना मुळात सुपरपोजिशन तत्त्वाचे परिणाम आहेत म्हणून आपण त्यांना एक-एक करून घेऊ या म्हणून मी त्यांना प्रथम सुपरपोजिशन तत्त्वाचे परिणाम लिहू या म्हणजे आपण एका सीमेवर प्रतिबिंब पाहणार आहोत मग आम्ही उभ्या असलेल्या लाटा पाहणार आहोत आणि नंतर तुमच्या 12 व्या इयत्तेत तुम्ही

लाटांच्या हस्तक्षेपाचा अभ्यास करणार आहोत त्यातील काही भाग आम्ही करणार आहोत येथे याला बीट फेनोमेना म्हणतात त्यामुळे या सर्व घटनांचे वर्णन करताना आपण त्यांना एका सीमारेषेवरील लहरींचे परावर्तन एक एक करू या गणितीयदृष्ट्या मी माझे गुण सोयीस्करपणे निवडणार आहे जेणेकरून गणित सोपे होईल

त्यामुळे या प्रकरणात मी काय करणार आहे उजवीकडे येणारी लाट असू द्या जी बिंदू x बरोबर 0 द्वारे परावर्तित होते ती एका कठीण भिंतीवर अगदी बरोबर आहे ती भिंतीवर बांधलेली स्ट्रिंग असू शकते किंवा ती पाईप असू शकते जी या शेवटी उघडलेली असते जेणेकरून डेल्टा p येथे शून्य असेल तेथे ते उघडे टिकून राहू शकते आणि कोणत्याही दाबाचा फरक टिकवून ठेवू शकत नाही त्यामुळे येथील दाब वातावरणातील दाबासारखाच असेल आणि तो तुम्हाला डेल्टा p शून्याच्या बरोबरीने देतो म्हणून या दोन गोष्टी आहेत ज्या समान आहेत म्हणजे कडक भिंतीवर बांधलेली स्ट्रिंग आणि ओपन एंडेड पाईप जिथे दाबाचा फरक टिकून राहणार नाही या प्रकरणात समजा एखादी लाट येत असेल तर मला ती दाखवू द्या जरी मी शेवटी साइन वेव्हचा विचार करणार आहे मला एक विस्थापन दाखवू द्या ज्यामध्ये येते आणि कोणत्याही सीमेवर हे परावर्तित होते म्हणून हे येथे प्रतिबिंबित होणार आहे म्हणून ते त्याच स्वरूपात प्रतिबिंबित होईल किंवा नकारात्मक दिशेने ते खरे तर मी ज्या दिशेने जात आहे त्या नकारात्मक दिशेने असेल आता दाखवा कोणत्याही वेळी या बिंदूवर विस्थापन आहे जेथे स्ट्रिंग बांधली आहे त्यामुळे स्ट्रिंग बांधलेली आहे त्या बिंदूवरील विस्थापन शून्य होणार आहे आणि आम्ही ते दर्शवण्यासाठी वापरू की परावर्तन दरम्यान नाडी खरोखरच चिन्ह बदलते.

आम्ही आता ते करतो म्हणून मी आता विचार करत आहे की स्ट्रिंगवर स्ट्रिंग बांधलेली आहे त्या बिंदूवर तरंगाचे प्रतिबिंब ठीक आहे म्हणून आपण विचार करत असलेल्या घटना ही एक स्ट्रिंग आहे आणि ती एका विशिष्ट बिंदूवर बांधलेली आहे आणि तेथे एक लाट येते म्हणून x बरोबरीच्या शून्यावर असलेल्या सीमारेषेवर मी सोयीस्करपणे हा बिंदू x समान शून्य म्हणून निवडला आहे

आमच्याकडे निव्वळ विस्थापन शून्याच्या बरोबरीचे असणार आहे आणि निव्वळ विस्थापन मला माहित आहे की येथे विशेषतः वैयक्तिक विस्थापनांच्या बेरजेइतके आहे.

इनकमिंग वेव्हमुळे होणारे विस्थापन

आणि परावर्तित लहरीमुळे होणारे विस्थापन आणि मला माहित आहे की डाव्या बाजूला शून्य आहे,

त्यामुळे माझ्याकडे जे शून्य आहे ते इनकमिंग वेव्हमुळे होणारे विस्थापन आणि परावर्तित लहरीमुळे होणारे विस्थापन आहे आणि हे आहे

कठोर सीमेवर

जिथे कोणतेही विस्थापन होऊ शकत नाही आणि हे आपल्याला लगेच सांगते की परावर्तित लहरींचे विस्थापन वजा बरोबर असते आणि ते येणाऱ्या लहरीमुळे विस्थापनाच्या विरुद्ध असते म्हणून ते नेहमी विरुद्ध असतात त्यामुळे

काय होईल या लहरी मध्ये येतो मी लाल रंगाने येणारी लाट दाखवतो आत

येते ती भिंतीच्या दिशेने येत असते आणि जेव्हा ती परावर्तित होते तेव्हा

विस्थापनाची दिशा बदलत असते

त्यामुळे परावर्तित तरंग

विशेषतः विरुद्ध दिशेने असणार आहे आता आपण साइन घेऊया लाट म्हणजे मी या स्ट्रिंगकडे पाहत

आहे ज्यावर साइन वेळ येत आहे म्हणून ही लाट आत येत आहे आणि त्याच वेळी

जेव्हा ती भिंतीवर आदळते तेव्हा ते दोन विस्थापन कसे होते हे प्रतिबिंबित होते ents

संबंधित

त्यामुळे इनकमिंग वेळ आता डिस्प्लेसमेंट मला लिहू दे की y_x

t ला kx वजा ओमेगा t च्या काही मोठेपणाने दिले जाणार आहे म्हणून हे इनकमिंग आहे आणि मला y परावर्तित xt लिहू द्या

कारण b साइन वारंवारता बदलू

शकत नाही k बदलू शकत नाही लॅम्बडा तसे बदलू शकत नाही कारण तेच माध्यम पण ते

पाप kx अधिक ओमेगा t असणार आहे आपण x समान शून्याकडे पाहत आहोत आणि म्हणून x बरोबर शून्यावर y निव्वळ

हे ओमेगा t च्या ओमेगा t अधिक b साइन शिवाय दुसरे काही नाही आणि हे शून्य असले पाहिजे

हे मला काय सांगते हे मला सांगते की b समान आहे तर आपल्याकडे काय आहे इनकमिंग वेळ एक साइन kx वजा

ओमेगा t बरोबर आहे आणि परावर्तित लाट एक साइन kx प्लस ओमेगा t च्या

बरोबरीची आहे हे मी लिहू शकतो x वरील परावर्तित तरंग ओमेगा

t च्या साइन प्रमाणे शून्य आहे जी ओमेगा t चे वजा बरोबर आहे $a \sin$ of y चे वजा आहे

त्यामुळे दोन लाटा प्रत्यक्षात विरुद्ध

आहेत विस्थापन एकमेकांच्या विरुद्ध आहेत म्हणून मी ते लिहू शकतो y परावर्तित हे ओमेगाच्या साइनाइतके असते t जे मी

मायनस ओमेगा t प्लस पाई ची साइन म्हणून देखील लिहू शकतो का कारण वजा ओमेगा t प्लस पाई ची

साइन उणे ओमेगा t च्या साइनची वजा होणार आहे जी ओमेगा t च्या साइनच्या समान आहे परंतु त्याचा उद्देश

या फॉर्ममध्ये लिहिणे हे खालीलप्रमाणे आहे की y परावर्तित हे मायनस ओमेगा t प्लस पाईच्या साइनच्या बरोबरीचे आहे

हा वजा ओमेगा t प्रत्यक्षात येणाऱ्या लहरीचा टप्पा दर्शवतो म्हणून परावर्तित लहरींचे विस्थापन दर्शविण्यासाठी

आपल्याला π चा टप्पा जोडावा लागेल

तर मी असे लिहितो की परावर्तित तरंग मिळविण्यासाठी आपण इनकमिंग वेळच्या फेजमध्ये पाई चा फेज जोडतो आणि हे फक्त तेव्हाच असते जेव्हा

परावर्तन कठोर भिंतीवरून होते

त्यामुळे फेज

फरक आहे बरोबर फेज फरक आहे असे सूचित करते इनकमिंग आणि परावर्तित लहरींच्या टप्प्यांमधील पाईचा एक फेज फरक आहे

जेव्हा परावर्तन कठोर भिंतीवरून होते तेव्हा आपण हे चित्ररूपात पाहू या

म्हणजे येथे काय घडत आहे ही भिंत आहे आणि कोणत्याही वेळी आपण

इनकमिंग वेळ याप्रमाणे आहे असे म्हणू या.

या वेळी परावर्तित

तरंग

त्यामुळे हे इनकमिंग वेळ ही kx वजा ओमेगा t ची साइन असते t काही दिलेल्या वेळी t परावर्तित तरंग विरुद्ध असते

त्यामुळे लाल रंग हा परावर्तित मार्ग असतो जो त्याच वेळी kx अधिक ओमेगा t चा साइन असतो त्यामुळे

थोड्या वेळाने काय होत आहे जेव्हा इनकमिंग लाट पुढे सरकते तेव्हा

असे म्हणूया की हे असे झाले आहे ते पुढे सरकले आहे म्हणजे ही

कमाल काही प्रमाणात पुढे गेली आहे त्याच वेळी

परावर्तनामुळे येणारी लाट देखील पुढे सरकेल पण दुसऱ्या दिशेने.

हे असे केले असते जेणेकरून हे दोन विस्थापन

अगदी विरुद्ध राहतील तुम्ही पहा येथे विस्थापन जे काही आहे तेच विस्थापन

येथे आहे म्हणून जेव्हा हा सहकारी अशा प्रकारे हलतो आणि हा सहकारी अशा प्रकारे हलतो तेव्हा

x बरोबरीचे विस्थापन शून्य राहते आणि हे असे आहे निव्वळ विस्थापन हे

बिंदू x बरोबर शून्य असे राखले जाते म्हणून हे आता परावर्तनाबद्दल आहे याचे

परिणाम आहेत हे असे परिणाम आहेत की सीमांवर प्रतिबिंब निर्माण होते टेंड लहरी आणि आपण आता जे पाहिले

आहे ते फक्त त्या बिंदूवर विस्थापन आहे जिथे परावर्तन होत

आहे आपल्याला हे जाणून घ्यायचे आहे की इतर बिंदूवर विस्थापनाचे काय होते आणि आपण काय पाहू शकतो हे इनकमिंगच्या

सुपरपोजिशनला जन्म देते आणि परावर्तित लाटा उभ्या लहरींना जन्म देतात, लाटा उभ्या म्हणजे काय याचा अर्थ

या लहरी आहेत ज्या प्रवास करत

नाहीत त्या तिथेच उभ्या आहेत पण आम्ही ते करण्यापूर्वी मला तुम्हाला परावर्तनाबद्दल एक प्रश्न सोडायला आवडेल मी परावर्तनाबद्दल बोललो आहे ज्या सीमारेषेवर दबावाचा फरक किंवा विस्थापन शून्य आहे अशा ठिकाणी काय घडेल याचा विचार करावा असे मला वाटते जेथे विस्थापन शून्य नसते उदाहरणार्थ मी येथे एक स्ट्रिंग एका अंगठीला बांधलेली असू शकते आणि या बाजूला दुसरी स्ट्रिंग बांधू शकतो अशावेळी आत येणारी लाट ही रिंग देखील वर आणि खाली जाईल आणि त्यामुळे ती

येथेही एक लाट निर्माण करेल आणि या प्रकरणात परावर्तित होणारी लाट काय असेल? ई येथे विस्थापन आणि परावर्तित तरंगाचे मोठेपणा परावर्तित होणाऱ्या लहरींचे गुणोत्तर काय असेल प्रसारित तरंगाचे मोठेपणा काय असेल हे असे काहीतरी आहे जे तुम्ही प्रगत वर्गामध्ये शिकू शकाल परंतु सध्या गुणात्मक दृष्ट्या तुम्ही विचार केला पाहिजे ज्या सीमेवर हे रिंग आहे तिथे सर्व

काय घडू शकते म्हणून मी ज्याबद्दल बोलत आहे ते म्हणजे सीमेवरील निव्वळ विस्थापन हे दाब लहरींच्या दृष्टीने शून्याच्या बरोबरीचे नाही म्हणजे डेल्टा पी सीमेवरील दबाव फरक शून्याच्या बरोबरीचे नाही जे घडेल, उदाहरणार्थ माझ्याकडे पार्सप असेल आणि इथे एका बाजूला कठिण भिंत असेल तर दाबाचा फरक काहीही असला तरी प्रत्यक्षात काहीही घडत नाही

त्यामुळे डेल्टा p येथे शून्य असण्याची गरज नाही दुसरीकडे ज्या बाजूला पार्सप उघडा डेल्टा p शून्य आहे,

त्यामुळे मी तुम्हाला याबद्दल विचार करू देतो आणि आता आपण उभ्या असलेल्या लाटांबद्दल चर्चा करू ,

त्यामुळे उभ्या असलेल्या लाटा समजून घेण्यासाठी

आपण हलणाऱ्या लहरींचा विचार करूया पॉझिटिव्ह x दिशेत आणि हे

एम्प्लिट्यूड वेळा साइन kx वजा ओमेगा t असेल आणि त्याच मोठेपणाच्या लाटेने हे

वरवर करा म्हणजे साइन kx अधिक ओमेगा टी नकारात्मक x दिशेने प्रवास करत असेल

तर आपल्याकडे काय आहे आपल्याकडे एक लाट आहे जी आहे उजवीकडे प्रवास करत आहे

आणि मी याला डावीकडे प्रवास करत असलेल्या दुसऱ्या तरंगाच्या सहाय्याने सुपरपोज करत आहे

आणि निव्वळ परिणाम काय आहे ते पाहू या लक्षात ठेवा की दोन लहरींचे मोठेपणा सारखेच आहेत त्यामुळे

कोणत्याही बिंदूवर निव्वळ परिणाम yxt आहे kx वजा ओमेगा टी प्लस एक साइन ऑफ

kx अधिक ओमेगा टी ची साइन होणार आहे आणि मी याचा विस्तार करू शकतो आणि हे ओमेगा

टी वजा ओमेगा टी च्या kx साइनचे कोसाइन अधिक ओमेगाचे साइन kx कोसाइन असे लिहू शकतो t

plus a cosine of kx sine of omega t आणि जर मी हे जोडले तर मला y

xt मिळेल जे ओमेगा t च्या 2 a sine kx कोसाइनचे स्वरूप आहे कारण दुसरी

मुदत आता रद्द झाली आहे हे फॉर्मचे नाही हे फॉर्मचे नाही x वजा vt चा f किंवा x अधिक v

t चा f

त्यामुळे x आणि t c नाहीत x उणे vt

किंवा x अधिक vt किंवा t उणे x ओव्हर v किंवा t अधिक x ओव्हर v च्या संयोजनात या फॉर्ममध्ये ओमिंग आहे पण ते विभक्त आहेत

म्हणून हे काय दर्शवते हे प्रवासी लाट दर्शवत नाही तर ती उभी लहर दर्शवते म्हणून लाटा उभ्या म्हणजे काय हे तुम्हाला समजले

आहे ही एक लाट आहे जी विरुद्ध दिशेने जाणाऱ्या समान मोठेपणाच्या दोन लहरींची सुपरपोजिशन आहे

त्यामुळे निव्वळ परिणाम असा होतो की काहीही प्रवास करत नाही कारण जर तो प्रवास केला

तर त्याला x च्या फंक्शनचे स्वरूप मिळाले असते.

वजा vt किंवा x अधिक vt किंवा t अधिक x वर v किंवा t उणे

x ओव्हर v मध्ये असे स्वरूप नाही तरीही एक विस्थापन आहे जे

वेळ आणि x चे कार्य आहे आणि म्हणून आपण त्याला उभे लहर म्हणतो चला चित्र बनवूया त्याचा आणि

त्याचा अर्थ काय ते पहा म्हणजे माझ्याकडे yxt हा फॉर्म ओमेगा t च्या kx कोसाइन च्या 2 a sine च्या बरोबरीचा आहे, मी या

दोघांना ओमेगा t च्या kx

कोसाइनचा आणखी एक स्थिर b साइन म्हणतो म्हणून मी ते

पाहिल्यास ते काय आहे की विस्थापन कोणत्याही वेळी i

x चे sa फंक्शन

त्यामुळे विस्थापन हे कोणत्याही वेळी

डावीकडे आणि उजवीकडे जाऊ शकते म्हणून हे k kx चे b साइन आहे कारण

वेळ बदलतो प्रत्येक बिंदू वारंवारता ओमेगासह एक साथी हार्मोनिक गती करतो

आणि वेळेचे अवलंबन दिले जाते ओमेगा टी चा कोसाइन म्हणून हा बिंदू उदाहरणार्थ

लाल बाणाने दाखवलेला बिंदू ओमेगा सोबत वर आणि खाली जाईल .

हिरव्याने दाखवलेला बिंदू त्याच्यापुढील फ्रिक्वेंसी ओमेगा

सह वर आणि खाली जाईल त्याच फ्रिक्वेन्सी ओमेगा यावर देखील वेळ

अवलंबून असेल $\cosine\ \omega\ t$

त्यामुळे कालांतराने तुम्हाला काय दिसेल हे समजा की

मी फक्त मध्यभागी या विभागावर लक्ष केंद्रित करणार आहे.

तुम्ही काय पहाणार आहात ते म्हणजे ही संपूर्ण

गोष्ट फक्त पुढे-मागे फिरत आहे या प्रवासी लहरीशी तुलना करा जिथे तुम्ही काय कालांतराने पाहिल्या असत्या असे

विस्थापन दिले जाते जसे जसे वेळ पुढे जात आहे हे बदलले असते हे बदलले असते हे वेळेत v डेल्टा द्वारे स्थलांतरित झाले असते डेल्टा

जे वर दर्शविलेल्या लाटेमध्ये होत नाही ही कमाल बिंदू

जे घडत आहे ते सर्व हलवत नाही तो त्या स्थानावर पुढे मागे दोलन करत आहे असे दिसते की प्रत्येक बिंदूवर

अनेक साथे हार्मोनिक ऑसिलेटर आहेत प्रत्येक बिंदू वेगवेगळ्या मोठेपणासह दोलन करत आहे

परंतु ते सर्व एकमेकांशी संबंधित आहेत

त्यामुळे मोठेपणा बदलतात

kx च्या \sin वर म्हणून याला स्टँडिंग वेव्ह म्हणून ओळखले जाते आणि ती विरुद्ध दिशेने प्रवास करणाऱ्या दोन लहरींची

सुपरपोजिशन आहे

त्यामुळे प्रत्येक बिंदू कुऱ्हाडीच्या $b \sin$ द्वारे दिलेल्या या मोठेपणाने दोलायमान होत आहे,

त्यामुळे तुम्हाला पुस्तकांमध्ये काय दिसेल जेव्हा ते एक उभी लहर दाखवतात तेव्हा

ते सहसा असे दाखवले जाते आणि तुम्हाला असे चित्र देखील दिसते

म्हणजे याचा अर्थ असा आहे की हे प्रत्येक बिंदू ओमेगा

वारंवारता सह मागे-पुढे जात असलेल्या वेळेचे कार्य म्हणून निव्वळ विस्थापन दर्शवत आहे.

तर हे

विस्थापन $y(x,t)$ हे ओमेगा t च्या kx कोसाइनचे काही मोठेपणा $b \sin$ च्या बरोबरीचे प्रतिनिधित्व करत आहे

आम्ही इतर फॉर्म \sinusoidal देखील घेऊ शकतो आणि त्यांना काही \cos म्हणून लिहू शकतो

ओमेगा t च्या kx कोसाइनचा $\text{constant } c \cosine$ किंवा $\omega\ t$ च्या $kx \sin$ चा काही अन्य स्थिर d साइन हे

सर्व आपण कोणता टप्पा निवडत आहोत यावर अवलंबून आहे t बरोबर 0 आपण कोणते विस्थापन

निवडत आहोत पण हे असे दिसते की तेथे दोलायमान असताना असा काळ असेल

जेव्हा ही संपूर्ण स्ट्रिंग सपाट असेल परंतु त्या बिंदूवर सर्व बिंदू खाली सरकत असतील किंवा वर सरकत असतील

त्यामुळे हे फक्त पुढे मागे फिरत आहे आणि आता ही एक उभी लाट आहे

ज्याचा आपण विचार करू त्या वेगळ्या आहेत या सर्वांमध्ये उभ्या असलेल्या लाटांची उदाहरणे काही विस्थापनांसाठी आवश्यक

असल्याशिवाय

मी असे गृहीत धरणार आहे की माझे विस्थापन $y(x,t)$ हे a किंवा b या स्वरूपाचे असणार आहे

मला ओमेगा t च्या kx कोसाइनची एक साइन पुन्हा लिहू द्या कुठे अवलंबून असेल माझ्या स्वतःच्या

सोयीनुसार माझे x दुसरे फॉर्म निवडा पण काही फरक पडत नाही म्हणून

मी उदाहरणार्थ ओमेगा t च्या $kx \sin$ चा कोसाइन किंवा इतर काही संयोजन देखील निवडू शकतो परंतु हे सामान्य स्वरूप आहे

म्हणून आपण

त्याचे लाकूड घेऊया स्ट्रिंगवर स्टँडिंग वेव्ह म्हणून मला काय म्हणायचे आहे ते म्हणजे

माझ्याकडे एक स्ट्रिंग आहे जी एका टोकाला बांधलेली आहे मी एकतर ती दुसऱ्या टोकाला बांधू शकतो आणि

त्यात काही ताण आहे किंवा मला स्ट्रिंग एका टोकाला बांधली आहे शेवट आणि

दुसरे टोक वर आणि खाली हलवले जात आहे म्हणून आपण म्हणू या की हा बिंदू x बरोबर शून्य आहे तर मी एक तरंग तयार केल्यावर

काय होईल

असे समजा की मी एक नाडी तयार करतो या मार्गाने हलणार आहे आणि नंतर

निव्वळ विस्थापन मागे सरकणार आहे या दोन पैकी काही परावर्तित

आणि इनकमिंग पल्स x बरोबरीने दिले जाणार आहे निव्वळ विस्थापन नेहमी शून्य विशिष्ट असते

जर मी आता दोन्ही टोकांना बांधलेल्या स्ट्रिंगमधील साइनसॉइडल वेव्हमध्ये स्पेशल झालो तर

साइनसॉइडल वेव्ह इनकमिंग होणार आहे आणि आउटगोइंग आणि सुपरपोजिशन

मला स्टँडिंग वेव्ह देणार आहे आणि दोन्ही बिंदूवर निव्वळ विस्थापन

शून्य होणार आहे, म्हणून मी आधी म्हटल्याप्रमाणे स्टँडिंग वेव्ह सामान्यतः

अशा प्रकारे दर्शविल्या जातात आणि या प्रकरणात जे घडत आहे ते प्रत्येक बिंदू दोलन होणार आहे

$\sin kx$ द्वारे दिलेल्या या अॅम्प्लिट्यूडवर पुढे-मागे आणि दुसरीकडे, जर

मी ही स्ट्रिंग एका टोकाला बांधली असेल आणि दुसऱ्या बाजूला कंपन करत असेल तर मला

या बिंदूवर शून्य निव्वळ विस्थापन असेल आणि सर्वात मोठे संभाव्य विस्थापन असेल ओपन एंड हे वर आणि खाली सरकणार आहे आणि

हे

सर्व बिंदू नंतर त्याच मोठेपणाने वर आणि खाली सरकणार आहेत म्हणून

हे दोन वेगवेगळ्या प्रकारच्या स्टँडिंग वेव्ह आहेत.

एक स्ट्रिंग दोन्ही टोकांना बांधलेली आहे

आणि दुसरी एका टोकाला स्ट्रिंग बांधलेली आहे आणि दुसऱ्या टोकाला मोकळी आहे मी हे बिंदू x बरोबर शून्यावर घेत आहे म्हणून आपण या बिंदूचे गणितीय विश्लेषण करूया आणि नंतर भौतिकदृष्ट्या याचा अर्थ काय आहे ते देखील पाहूया त्यामुळे गणितीयदृष्ट्या मी

प्रथम स्ट्रिंग बांधण्याची केस घेईन

या प्रकरणात दोन्ही टोकांना मी आधी

म्हटल्याप्रमाणे विस्थापन $y(x,t)$ ओमेगा ω च्या $\sin kx$ कोसाइन द्वारे दिले जाणार

आहे या स्ट्रिंगचा डावा हात आणि डावा हात घेत आहे x समान शून्य आणि उजवा

हात असेल $x = 0$ याचा अर्थ स्ट्रिंगची लांबी l बरोबर आहे म्हणून जेव्हा मी हे विस्थापन $y(x,t)$

बरोबर घेतो तेव्हा ओमेगा ω च्या $\sin kx$ कोसाइन x बरोबर y शून्य y शून्य असतो जे तसे

असले पाहिजे कारण मला आता तेच हवे आहे y बरोबर $x = l$ कोणत्याही वेळी l

हे देखील शून्य असले पाहिजे कारण ही स्ट्रिंग त्या बिंदूवर बांधलेली आहे आणि म्हणून मला

l वर ओमेगा ω च्या kx कोसाइनची साइन असणे आवश्यक आहे जे ओमेगा ω च्या $k l$ कोसाइनच्या साइनच्या समान आहे

दोन्ही टोकांना बांधलेल्या स्ट्रिंगसाठी शून्य म्हणजे आपल्याकडे काय आहे दोन्ही टोकांना बांधलेल्या या स्ट्रिंगसाठी

माझ्याकडे $y(x,t)$ बरोबर ओमेगा ω च्या $\sin kx$ कोसाइन आहे आणि माझ्याकडे ओमेगा ω च्या $\sin kx$ कोसाइन

बरोबर ओमेगा ω च्या $\sin kx$ कोसाइन आहे t हे वेळेनुसार बदलत असते म्हणून ते

शून्य असू शकत नाही a हे मोठेपणा आहे

त्यामुळे केवळ एक संज्ञा जी त्याला शून्य बनवू शकते ती म्हणजे $\sin k l$ शून्य असणे आवश्यक आहे

आणि याचा अर्थ असा होतो की $k l$ हे काही पूर्णांक n गुणा π च्या समान आहे आणि म्हणून

या प्रकरणात मी जात आहे $k l$ बरोबर $n \pi$ बरोबर असणे किंवा k बरोबर $n \pi$ ओव्हर l आता k आम्ही आधी सांगितले आहे

$\frac{n \pi}{l}$

लाटांच्या गतीवर ओमेगा आहे आणि हे $n \pi$ ओव्हर l च्या बरोबर असले पाहिजे म्हणून ओमेगा ही दोलनाच्या वारंवारतेच्या दोन π

पट आहे

आणि म्हणून ω ची ओसीलेशनची दोन π वारंवारता आहे ν

वर $n \pi$ बरोबर $l \pi$ दोन्हीमधून रद्द होते बाजू आणि मला मिळणाऱ्या फ्रिक्वेंसी

ν गुणा ν दोन l च्या बरोबर असतील म्हणून लक्षात घ्या की सर्व फ्रिक्वेंसींना परवानगी नाही स्ट्रिंग फक्त ठराविक फ्रिक्वेंसीवर कंपन

करू शकते

आणि मी त्यांना ν_n म्हणणार आहे आणि ते जात आहेत ν चे गुणाकार दोन l पेक्षा जास्त असेल तर ν_n आम्हाला आढळले

आहे की ν_n

पेक्षा दोन l आणि ν या प्रकरणात प्रति युनिट लांबीच्या वस्तुमानावर ताणाचे वर्गमूळ आहे

म्हणून स्ट्रिंग ज्या फ्रिक्वेंसीवर n म्हणून कंपन करू शकते ती ओव्हर μ चे दोन l वर्गमूळ

हे या वस्तुस्थितीवर आधारित आहे की $\sin k l$ समान आहे शून्य आणि म्हणून k समान आहे दोन π प्रती

λ समान $n \pi$ किंवा λ गुणा l बरोबर $2 l$ over n let

स्ट्रिंगसाठी याचा अर्थ काय आहे हे आम्हाला भौतिकदृष्ट्या समजते दोन टोकांमध्ये बांधलेले आहे कारण शेवटचे

बिंदू शून्य विस्थापनावर आहेत, हा एकमेव मार्ग आहे जो दिलेल्या वारंवारतेसाठी घडू शकतो एकतर

लाट अशी आहे किंवा ती दोन लूप बनवते किंवा ती तीन लूप बनवते आणि या अर्धा लूपपैकी प्रत्येक लूप काहीही

नसून दोन बाय लॅम्बडा आहे तर माझ्याकडे जे असले पाहिजे ते म्हणजे लॅम्बडा दोन पटीने n जिथे n पूर्णांक आहे आणि

एक दोन किंवा तीन असू शकतात l च्या बरोबरीचा असावा म्हणजे लॅम्बडा दोन l ओव्हर

n च्या बरोबरीचा आहे म्हणून आपण आता गणितीयदृष्ट्या पाहिले आहे की ठेवण्यासाठी दोन टोके समान k हे

$k = \frac{n \pi}{l}$ च्या बरोबरीचे असले पाहिजे आणि भौतिकदृष्ट्या याचा अर्थ असा आहे की माझ्याकडे या लांबीमधून फक्त अर्धा तरंगलांबीची

पूर्णांक संख्या असू शकते

आणि ती या स्ट्रिंगची वारंवारता निर्धारित करते त्यामुळे

ती इतर कोणत्याही वारंवारतेवर कंपन करू शकत नाही.

पण ठराविक फ्रिक्वेंसी आता हे बिंदू

जे नेहमी शून्य विस्थापनावर असतात त्यांना नोड्स म्हणून ओळखले जाते म्हणून

या स्ट्रिंगसाठी जी दोन्ही टोके बांधून ठराविक फ्रिक्वेंसीवर कंपन पावत असतात

मला अशा प्रकारे एक सामान्य स्थायी लहर बनवू द्या ν_n जे नेहमी शून्य

विस्थापनावर असतात हे ज्यावर मी हे मोठे ठिपके ठेवत आहे ते नोड्स म्हणून ओळखले जातात जे बिंदू जास्तीत जास्त विस्थापनावर

आहेत कमाल मोठेपणा म्हणून ओळखले जाते नोड्समधील अँटीनोड्सचे अंतर दोन अँटीनोड्समधील दोन अंतराने लॅम्बडा बरोबर असते

म्हणजे

समीप घनता नोड्स देखील दोन ने लॅम्बडा आहे आणि आम्ही पाहिले आहे की ते ज्या फ्रिक्वेंसीवर

कंपन करते ते n दोन l स्केअर रूट च्या t ओव्हर μ असेल दुसरे उदाहरण मी

आता घेणार आहे असे समजा की मी समान स्ट्रिंग टाई घेतो.

ते एका बाजूला आणि दुसऱ्या

बाजूला मी ते एका कंपनाने जोडतो .

आंदोलक असू शकतो मी

माझ्या हाताने कंपन करू शकतो.

आणि अशा स्थितीत शून्यावर

साइन kx कोसाइन ओमेगा टायक्स्टी या स्वरूपात असलेली उभी लहर अजूनही शून्य असेल पण मला आता जे हवे

आहे ते म्हणजे y येथे x बरोबर 1 आणि t जे ओमेगा t चा एक साइन $k1$ कोसाइन

आहे त्याचे जास्तीत जास्त विस्थापन x समान 1 वर असेल आणि याचा अर्थ $k1$

हे दोन n अधिक एक गुणा πi बाय दोन आणि k असणे आवश्यक आहे दोन पाई ओव्हर लॅम्बडाच्या बरोबरीने दोन n

अधिक एक पाई ओव्हर दोन $1i$ कॅन्सल पाई दोन्ही बाजूंनी आणि लॅम्बडा बरोबरी चार 1 वर दोन n अधिक एक या प्रकरणात लॅम्बडा थोडा

वेगळा आहे आणि फ्रिक्वेन्सी nu n जी v ओव्हर लॅम्बडा i आहे

या वेळी मी व्युत्पत्ती थोडी वेगळी करत आहे फक्त तुम्हाला वेगवेगळ्या कल्पना देण्यासाठी चार 1 ने भागिले

दोन n अधिक एक जे v चार 1 गुणिले दोन n अधिक एक असेल त्यामुळे

यावेळी निसर्ग थोडा वेगळा आहे आणि मी पुन्हा करू शकलो हे n

अधिक अर्धा v असे दोन 1 वर लिहा,

त्यामुळे या प्रकरणात वारंवारता थोडी वेगळी आहेत

कारण एक टोक उघडे आहे आणि एक नाही आहे आणि पुन्हा माझ्याकडे एक भौतिक व्याख्या आहे

की या प्रकरणात लाटा ज्या स्वरूपाच्या असतील ओपन एंडमध्ये जास्तीत जास्त

विस्थापन आहे

त्यामुळे मला लॅम्बडा 2 बाय 2 लॅम्बडा असणार आहे nn सेगमेंट

लांबीचा लॅम्बडा चार ने होणार आहे

त्यामुळे मला लॅम्बडा चार पटीने

दोन n अधिक एक असणार आहे 1 आणि त्या सारखे असावे ताबडतोब मला लॅम्बडा इकल

चार 1 वर दोन n अधिक एक असे देते जेणेकरून ते एक भौतिक व्याख्या आहे गणिताच्या दृष्टीने आपण फक्त

$k1$ काय असावे आणि आपले उत्तर मिळवू शकू

त्यामुळे पुढील व्याख्यानात

आपण काय केले याचा सारांश देऊन मी आता या व्याख्यानाचा समारोप करीन.

ओपन पाईप्स आणि ऑर्गन पाईप्स आणि त्यामधील हवेच्या स्तंभांचे दोलन आणि बीट्स आणि

डॉप्लर घटनांचा विचार करणार आहे, म्हणून मी सुपर पोजिशनच्या तत्त्वाविषयी जे काही शिकलो त्याचा सारांश देऊन मी हे व्याख्यान संपवतो

ज्याने सांगितले

की कोणत्याही वेळी विस्थापन तेथे येणाऱ्या वैयक्तिक लाटांमुळे होणाऱ्या विस्थापनांची बेरीज आहे

मग आम्ही सीमारेषेतून परावर्तित होणाऱ्या लहरीबद्दल शिकलो, विशेषतः आम्ही शिकलो

की जेव्हा सीमा कठीण असते तेव्हा येणाऱ्या आणि परावर्तित लहरींच्या टप्प्यांमध्ये पायचा फेज फरक असतो याचा अर्थ नाही सीमेवर

विस्थापन आणि शेवटी आपण उभ्या असलेल्या लहरींबद्दल शिकलो जे वेगवेगळ्या अॅम्प्लिट्यूड ऑसीलेटिंगसह साध्या हार्मोनिक

ऑसीलेटर्ससारखे असतात प्रत्येक बिंदूवर सर्व

समान वारंवारतेसह आणि आम्ही स्ट्रिंगवर उभ्या असलेल्या लाटांबद्दल शिकलो आणि

स्ट्रिंग ज्या फ्रिक्वेन्सीवर गणितीय दोन्ही प्रकारे कंपन करू शकते ते मिळवले आणि

भौतिकदृष्ट्या देखील पाहिले की तुमचा काय अर्थ आहे