

मागील लेक्चरमध्ये आपण लहरींच्या सुपर पोजिशनबद्दल बोललो होतो आणि त्याचा परिणाम म्हणून स्ट्रिंग वेव्हज म्हणतात, उदाहरण म्हणून आपण स्ट्रिंगवर उभ्या असलेल्या लाटांबद्दल चर्चा केली होती, आम्हाला आढळले की स्ट्रिंगची लांबी 1 दिल्यास, विशिष्ट फ्रिकेन्सींना फक्त कंपन करण्याची परवानगी होती कारण स्ट्रिंग 1 लांबीची असेल आणि दोन्ही टोकांना बांधलेली असेल तर त्याची टोके हलू शकत नाहीत आणि म्हणून ते नोड्स होते आणि तरंगलांबी अशी असावी की स्ट्रिंग या बिंदूवर अजिबात हलत नाही म्हणून एकतर तुमच्याकडे अर्धा असेल त्यावर तरंगलांबी किंवा त्यावर एक पूर्ण तरंगलांबी आणि त्याचप्रमाणे दुसरीकडे आम्ही परिस्थितीचा देखील विचार केला आहे जिथे एक टोक निश्चित केले गेले होते आणि दुसरे टोक कंपन करण्यास मोकळे होते.

त्या स्थितीत वर आणि खाली आम्ही पाहिले की एक तर एक चतुर्थांश तरंगलांबी उत्तेजित होऊ शकते किंवा तीन चतुर्थांश तरंगलांबी उत्तेजित होऊ शकते आणि असे बरेच काही आणि यामुळे स्ट्रिंग अचूक कंपन करू शकते अशी वारंवारता दिली. त्याच

धर्तीवर आता आपण पाईपमधील एअर कॉलमच्या कंपनांवर देखील चर्चा करू शकतो आणि याचा अर्थ काय आहे हे मी समजावून सांगू शकतो की

समजा माझ्याकडे पाईप असेल तर ते दोन्ही बाजूंनी उघडलेले असू शकते किंवा त्याचे टोक बंद असू शकते.

एका बाजूला ओपन एंड दुसऱ्या बाजूला आणि त्यातील हवा कंपन करू शकते जेव्हा आतली हवा ती कंपन करते, उदाहरणार्थ जेव्हा तुम्ही बासरी वाजवताना पाहाल तेव्हा आतमध्ये एअर कॉलम कंपन होत आहे तो कोणत्या प्रकारच्या फ्रिकेन्सीवर कंपन करू शकतो आता लक्षात ठेवा एअर कॉलम कंपन वर्णन केले आहे

त्यामुळे हवेच्या स्तंभाच्या कंपनाचे वर्णन दाब भिन्नतेद्वारे केले जाते आणि जर तुम्ही या दोन पाईप्सकडे पाहिले तर आम्ही चर्चा करत आहोत की ओपन एंडचा दाब वातावरणाप्रमाणेच असेल त्यामुळे टोकांवर दाब भिन्नता शून्य असेल तर मध्यभागी ते उघड्या टोकासाठी खूप मोठे असू शकते.

किंवा उजव्या बाजूच्या डेल्टा p वरील बंद पाईप

शून्य असणार नाही कारण येथे बंद आणि बाहेर ही भिंत दुसऱ्या बाजूला कोणताही दबाव सहन करू शकते

Δp असेल चला पुढील स्लाइडवर जाऊया

आणि याचा अर्थ काय आहे ते पाहूया, जर मी समजले की दोन बाजूंना असलेला ओपन एंडेड पाईप डेल्टा p हा शून्य आहे आणि तो डेल्टा $p = 0$ असू शकतो आणि त्या दरम्यान तो शून्य असू शकतो.

जर एअर कॉलम कंपन करत असेल तर ही परिस्थिती स्ट्रिंगच्या सारखीच असते लक्षात ठेवा स्ट्रिंगमध्ये विस्थापन डेल्टा y हे टोक शून्य होते आणि मध्य डेल्टा y शून्य डेल्टा y किंवा y विस्थापन नव्हते

त्यामुळे स्ट्रिंग कंपन करू शकते वेगवेगळ्या मोडमध्ये आणि अशाच प्रकारे आता मी या ओपन एंडेड पाईपकडे पाहिले आणि जर मी मध्यभागी असलेल्या दाबाच्या फरकाची मांडणी केली तर ते टोकाला शून्य असेल ते अगदी मध्यभागी मोठे असू शकते किंवा हे टोकाला शून्य असू शकते आणि

मध्यभागी भिन्न प्रकार असू शकतो परंतु तुम्हाला लांबीचे कार्य स्ट्रिंगच्या विस्थापनाच्या बदलाप्रमाणेच लांबीचे कार्य म्हणून दाबातील बदल दिसतो आणि त्यामुळे त्यांचे कंपन वारंवारता समान असावी आता आपण हे कसे काढू शकतो की पाइपच्या बाबतीत मी डेल्टा p लिहणार आहे ज्याचे वर्णन मी

माझे निर्देशांक कसे निवडले यावर अवलंबून असेल

त्यामुळे मी डावा हात x बरोबर 0 आणि उजवा हात घेईन

x च्या बरोबरीचे 1 म्हणजे पाईपची लांबी आहे आणि डेल्टा p ही ओमेगा t च्या kx कोसाइनची एक साइन असेल

किंवा मी निवडलेली कोणतीही भिन्नता $\sin kx$ असेल कारण यामुळे Δp ला शून्यावर

आपोआप x च्या बरोबरी शून्य असेल आता मला डेल्टा p हवा आहे $p = x$ च्या बरोबरीचे 1 देखील शून्य असेल म्हणून त्याआधी मी

हे सूचित केले पाहिजे की डेल्टा p वर x बरोबर शून्य हे आपोआप शून्य आहे आणि याचा अर्थ असा

की k_1 ची sine नेहमीसाठी शून्य असते आणि म्हणून k होणार आहे $n \pi$

over 1 अगदी त्याच पद्धतीने स्ट्रिंगसाठी होते आणि म्हणून

माझ्याकडे या ओपन एंडेड पाईपसाठी एकसमान पाईप आहे मी एक टोक x समान शून्यावर घेतले आहे

दुसरे टोक x बरोबर 1 डेल्टा p येथे 0 आहे डेल्टा p येथे दाब 0 आहे

आणि तो मध्यभागी बदलतो आणि माझ्याकडे d आहे x आणि t चे फंक्शन म्हणून Δp हे ओमेगा t च्या $\sin kx$ कोसाइनच्या दाबाचे काही मोठेपणा a म्हणून दिलेले आहे आणि आपण आत्ताच काय काढले आहे कारण डेल्टा p x बरोबर 1 नेहमी शून्य आहे याचा अर्थ अजिबात $\sin k1$ वेळा 0 आहे याचा अर्थ असा आहे की k आहे $n \pi$ ओव्हर 1 k हे 2π ओव्हर लॅम्बडा आहे जे $n \pi$ ओव्हर 1 कॅन्सल π दोन्ही बाजूंनी

समान असले पाहिजे आणि मला लॅम्बडा 2π ओव्हर n मिळतो आणि त्यामुळे वारंवारता

ν n हे v ओव्हर लॅम्बडा v च्या बरोबरीचे असणार आहे ते जे काही आहे ते आम्हाला b चे पूर्वीचे वर्गमूळ जास्त घनतेचे किंवा गामाचे वर्गमूळ जास्त घनतेचे आढळले आहे पण महत्वाची गोष्ट म्हणजे ν दोन 1 वर असणार आहे त्यामुळे वारंवारता ν एक

जे v दोन पेक्षा जास्त आहे 1 ν दोन आहे जे दोन v पेक्षा दोन 1 आहे आणि असेच हे एअर कॉलम फ्रिकेन्सी म्हणून कंपन करू शकते जे v पेक्षा दोन 1 च्या गुणाकार पूर्णांक गुणाकार आहेत हे स्ट्रिंगच्या बाबतीत म्हणून ओळखले जातात तसेच एअर कॉलमस ज्या फ्रिकेन्सी दोन 1 वर ν म्हणून दिल्या जातात त्या $k \nu$ आहेत ω हार्मोनिकस म्हणून n बरोबर एक प्रथम हार्मोनिक आहे n दुसऱ्या हार्मोनिकच्या बरोबरीचा आहे आणि त्याचप्रमाणे n बरोबर तीन असेल तिसरा असेल आणि बरोबर चौथा चौथा हार्मोनिक असेल आणि 1 दोनपेक्षा जास्त वारंवारता v वर लक्षात येईल की अभिव्यक्ती सारखीच आहे स्ट्रिंगची ही केस मूलभूत वारंवारता म्हणून ओळखली जाते म्हणून माझ्याकडे लांबीची स्ट्रिंग आहे का 1 जेथे विस्थापन 0 टोकाला आहे किंवा माझ्याकडे पाईप आहे जेथे दाब बदल टोकाला शून्य आहे त्यामुळे सीमा परिस्थिती सीमेवर काय होते

या माध्यमाची स्ट्रिंग असो किंवा पाईप सारखीच असली तरीही विस्थापन शून्य आहे किंवा दाब बदल शून्य आहे n व्या हार्मोनिक फ्रिकेन्सीची वारंवारता n वी वारंवारता पाईपच्या लांबी 1 साठी n गुणा v दोन 1 पेक्षा जास्त असते स्ट्रिंग आणि फक्त स्ट्रिंग साठी ν च्या दृष्टीने फरक आहे t वर μ आणि v साठी पाईपचे वर्गमूळ काही नाही पण घनता वेळा गामा फॅक्टरने भागलेल्या बल्क मोड्यूलसचे वर्गमूळ आहे.

कारण आम्ही *adiabatic* एअर कॉलमच्या विस्ताराचा विचार करतो म्हणून हे असे आहे आता त्याचप्रमाणे मी आता बंद स्ट्रिंगच्या केसचा देखील विचार करू शकतो ठीक आहे माफ करा त्याचप्रकारे मी बंद पाईपच्या केसचा विचार करू शकतो ज्या बाबतीत या शेवटी डेल्टा p समान होणार नाही शून्यावर तर डेल्टा p उघडलेल्या टोकाला शून्य आहे हे रिकॉल स्ट्रिंग प्रमाणेच आहे जेथे स्ट्रिंग डाव्या हाताला आहे t_r डावा टोक बांधला आहे ठीक आहे स्ट्रिंगचा डावा टोक बांधला आहे आणि उजवा टोक काही मोठेपणासह हलविला जात आहे या प्रकरणात काय झाले हे लक्षात ठेवा की मी अजूनही माझे yx हे kx कोसाइन ओमेगा $t \sin kx$ चा काही मोठेपणा मानू शकतो कारण ते आपोआप मला शून्य वर x बरोबर शून्य देते परंतु $k1$ साइन हे शून्य नाही खरे तर ते आहे जास्तीत जास्त त्या बाबतीत आम्ही शिकलो की $k1$ हे

दोन n अधिक एक π by two च्या समान असावे आणि आम्हाला आमचे उत्तर मिळाले k साठी दोन π ओव्हर λ वेळा 1 समान आहे दोन n अधिक एक π by दोन आणि आम्ही दोन्ही बाजूंनी π रद्द करतो आणि आपल्याला λ बरोबर चार 1 मिळेल दोन n प्लस वन वर जी स्ट्रिंगची केस होती तीच गोष्ट सध्याच्या बाबतीत घडणार आहे येथे एक स्ट्रिंग आहे जी बांधली गेली होती आणि हे टोक कंपन करत होते म्हणून माझ्याकडे असे मोड असू शकतात जेथे माझ्याकडे चार किंवा तीनने लॅम्बडा असेल लॅम्बडा बाय चार आणि अगदी त्याच पद्धतीने जर माझ्याकडे पाईप बंद असेल तर x बरोबर 1 आणि x बरोबर 0 वर उघडले असेल तर मला डेल्टा p असेल x चे फंक्शन म्हणून आणि t बरोबर काही मोठे मूल्य एक मोठेपणा साइन kx कोसाइन असेल kx सह ओमेगा t जसे की x 1 च्या बरोबरीचे म्हणजे ते $k1$ होते दोन n अधिक एक π by दोन म्हणून ते मला तंतोतंत असेच उत्तर देते जे एका स्ट्रिंगसाठी आहे जे एका टोकाला बांधलेले आहे आणि त्यावर हलवले जात आहे दुसरी बाजू आणि हे मला पुन्हा दोन पाई ओव्हर लॅम्बडा देते 1 बरोबर दोन n अधिक एक पाई बाय दोन आणि मी काही संज्ञा रद्द करू शकतो

त्यामुळे π रद्द करते आणि मला लॅम्बडा $2 n$ अधिक 1 पेक्षा 4π मिळते आणि म्हणून वारंवारता ν n जात आहे v वर λ जे दोन n अधिक एक चार 1 पट v किंवा $i c a$ च्या बरोबरीचे असेल n हे असे लिहा n अधिक दीड v वर दोन 1 पुन्हा v वर दोन 1 ही मूलभूत वारंवारता आहे आणि बाकीचे हार्मोनिकस जास्त आहेत म्हणून तुम्ही पहात आहात की हे स्ट्रिंगच्या बाबतीत अगदी सारखेच आहे शिवाय वेग आता होणार आहे.

वर्गमूळ t

μ द्वारे नाही जे स्ट्रिंगसाठी γ वर्गमूळ b ρ होणार आहे

म्हणून मी आता हे वेग लिहू या प्रकरणात

b चे ρ चे गॅमा वर्गमूळ दिले आहे जेथे b हे बल्क मोड्यूलस आहे ρ ही घनता आहे आणि गॅमा ही गॅससाठी cp ओव्हर cv आहे

त्यामुळे फक्त एकच गोष्ट आहे जी वेगाच्या विश्रांतीमध्ये बदल करते

कारण सीमा परिस्थिती समान आहे.

आता मागील व्याख्यानात मी

तुम्हाला स्ट्रिंगमधील मोड्सचे भौतिक स्पष्टीकरण देखील दिले होते जर मी स्ट्रिंगवर लिहावे

किंवा एअर कॉलममध्ये ते अगदी सारखेच आहे आता जेव्हा माझ्याकडे हा एअर कॉलम असतो तेव्हा

दाब 0 असतो शेवटी आणि दरम्यान तो बदलतो म्हणून तो मध्यभागी या कमाल प्रमाणे बदलू शकतो आणि

नंतर तो बदलत राहतो वेळेनुसार किंवा ते बदलू शकते ng θ च्या टोकाला आणि

मध्यभागी हे असे असेल आणि

त्यामुळे तुमच्याकडे जे आहे ते एकतर लॅम्बडा बाय

2 अस्तित्वात आहे किंवा लॅम्बडा अस्तित्वात असू शकते हे प्रत्यक्षात 3 लॅम्बडा बाय 2 आहे आणि

त्यामुळे मुक्त

तरंगलांबी अस्तित्वात आहे असे आहेत की n λ by two is equal to 1 किंवा λ is equals two

1 over n n बरोबर पूर्वीप्रमाणेच उत्तर आणि तुम्ही

पाईपच्या एका टोकाला बंद केलेल्या समान भौतिक व्याख्या करू शकता आता स्ट्रिंग कंपन आणि एअर कॉलममध्ये एक फरक आहे

कंपन आणि याला एंड करेक्शन म्हणून ओळखले जाते ते म्हणजे मला फक्त तुम्हाला आठवण करून द्यायची आहे की जेव्हा आम्ही हा

ओपन एंडेड पाईप घेतला किंवा पाईप एका टोकाला बंद केला

तेव्हा आम्ही जे सांगितले ते पाईपच्या शेवटी बरोबर होते डेल्टा p शून्य आहे आणि म्हणून आम्ही

तरंगलांबीसाठी जी लांबी घेतली ती पाईपची लांबी नेमकी होती जी या स्ट्रिंगसाठी देखील तेच उत्तर

आहे एअर कॉलम प्रकरणांमध्ये काय होते की नोड किंवा डेल्टा p θ

पाईपच्या शेवटी येत नाही पण किंचित बाहेर आणि व्या हे अंतर 0.

6 पट असते

r तुम्ही ते प्रायोगिकपणे स्थापित केलेले तथ्य म्हणून घेऊ शकता त्याचप्रमाणे

जर पाईप दोन्ही टोकांना उघडे असेल तर दोन्ही बाजूंचा नोड

0.

6 r च्या अंतरावर येतो जेथे r ही पाईपची त्रिज्या इतक्या प्रभावीपणे आहे ओपन एंडेड पाईपची लांबी 1 अधिक 1.

2

r च्या बरोबरीची असेल, म्हणून मी हे कॅपिटल इफेक्टिव्हमध्ये लिहू देतो आणि त्याचप्रमाणे एका टोकाला बंद केलेल्या पाईपची प्रभावी लांबी 1 अधिक 0.

6 r च्या बरोबरीची असेल

या सुधारणा तुम्हाला मिळाल्या आहेत.

लांबीमध्ये बनवा आणि हीच लांबी प्रभावी

लांबी आहे जी तुम्ही सूत्रांमध्ये ठेवणार आहात अन्यथा सूत्रांचा

वेग अगदी सारखाच राहिल तो वेग हा हवेतील ध्वनीच्या वेगाइतका आहे

जो गामा वर्गमूळ b द्वारे ρ आणि बाकीच्या गोष्टी तशाच राहिल्या आहेत ज्यावर आपण

आतापर्यंत एकाच वारंवारतेच्या दोन लहरींच्या सुपरपोजिशनवर चर्चा केली आहे

आणि विरुद्ध दिशेने प्रवास करणाऱ्या लहरींकडे लक्ष दिले आहे आणि

त्यामुळे आपण चर्चा केली आहे.

या उभ्या असलेल्या लाटांबद्दल मला आता

थोड्या फार थोड्या वेगळ्या फ्रिक्वेन्सी असलेल्या लहरींच्या सुपरपोजिशनवर चर्चा करायची आहे, याचा अर्थ असा आहे की समजा एक

वारंवारता ν एक आहे दुसरी वारंवारता ν दोन आहे तर ν एक उणे ν दोन परिमाण पेक्षा खूपच

कमी आहे एकतर ν_1 किंवा ν_2 उदाहरणार्थ माझ्याकडे ν_1 बरोबर 500 हर्ट्झ आणि ν_2 बरोबर

502 हर्ट्झ असू शकतो,

त्यामुळे फरक खरोखरच लहान आहे .

त्या प्रकरणात काय होते आणि त्या

केसमुळे बीट फेनोमेना नावाची गोष्ट उद्भवते आणि मला त्याबद्दल चर्चा करायला आवडेल.

मला एक तरंग विचारात घ्या जी एका दिशेने प्रवास करत आहे ती उजवीकडे म्हणू आणि

ती $y(x,t)$ ने दिली आहे काही मोठेपणा a $\sin kx - \omega t$ उणे ओमेगा ω t दुसरी लाट

जी वारंवारता मध्ये थोडी वेगळी आहे अगदी किंचित देखील

त्याच दिशेने प्रवास करते दिशा आणि माझ्याकडे $y(x,t)$ आहे मला याला y दोन म्हणू या प्रथम

one y one हे k 2 x वजा ओमेगा 2 t च्या काही मोठेपणा b sine च्या बरोबरीचे आहे आणि मी एका विशिष्ट बिंदू x वर उभा आहे म्हणून आपण x बरोबर x बिंदूवर उभे आहोत शून्य आणि साधेपणासाठी आपण हे शून्य मानू या जेणेकरून माझी संपूर्ण गोष्ट सरलीकृत होईल आणि माझ्याकडे y one t आहे वजा एक साइन ओमेगा एक t मला देखील घेऊ द्या आणि काही फरक पडत नाही कारण शेवटी मी जात आहे तीव्रता पाहण्यासाठी आणि y दोन t हे ओमेगा टू टी च्या b साइनच्या बरोबरीचे आहे आता या दोन लहरी सुपरपोज होणार आहेत आणि त्यामुळे त्या बिंदूवरील निव्वळ विस्थापन

y one t plus y two t समान आहे म्हणून दिले जाईल a sine

omega one t plus b sine omega two t म्हणून जेव्हा या लहरी वरती असतात तेव्हा

मी उभा आहे त्या बिंदूवर yt असतो sine omega one t plus b sine omega 2t आणि

यामुळे बीट्सच्या घटनांना जन्म मिळेल सर्वात सोप्या ठोके सहज समजू शकतात जर आपण समान b घेतला याचा अर्थ मी

दोन लहरींचे मोठेपणा सारखेच मानत आहे जर त्या भिन्न असतील तर मी ते देखील थोड्या

वेळाने समजेल पण या प्रकरणात माझ्याकडे जे असेल ते yt आहे a च्या समान आहे आणि कंसात साइन ओमेगा 1

t अधिक साइन ओमेगा 2 t जे मी ओमेगा 1 अधिक ओमेगा 2 च्या 2 t वेळा कोसाइन ओमेगा 1 वजा ओमेगा 2 ओव्हर 2 t असे लिहू शकतो , प्रथम आपण हे तपासूया की ओमेगा 1 ओमेगा

2 च्या बरोबरीचे असेल तर मला माझे उत्तर मिळेल कारण yt बरोबर 2 a ओमेगा टी चे साइन जे आता बरोबर आहे मनोरंजक गोष्ट तेव्हा घडते जेव्हा ओमेगा 1 ओमेगा 2 च्या बरोबरीचे नसते.

म्हणून जेव्हा

ओमेगा 1 हे ओमेगा 2 च्या बरोबरीचे नसते तेव्हा आपण विचार करूया आणि ओमेगा 1 च्या बरोबरीसाठी ओमेगा 2 घेऊ या आणि काही डेल्टा ओमेगा जिथे डेल्टा ओमेगा हे ओमेगा 1 पेक्षा खूपच कमी आहे.

मग मी

अंदाजे माझे yt समान दोन ए साइन ओमेगा वन प्लस ओमेगा टू असे लिहू शकतो तरीही

फक्त ओमेगा म्हणून घेतले जाऊ शकते किंवा मला खूप अचूक व्हायचे असल्यास मी लिहीन हे

ओमेगा मायनस टी चे सिन ओमेगा प्लस टी गुणा कोसाइन आहे जेथे ओमेगा प्लस हे ओमेगा 1 अधिक ओमेगा 2 ओव्हर 2 आहे

जे मी अंदाजे ओमेगा 1 म्हणून लिहू शकतो आणि ओमेगा मायनस

ओमेगा 1 वजा ओमेगा 2 च्या बरोबरीने ओमेगा 2 च्या परिमाणात खरोखर फरक पडत नाही

दोन द्वारे तर माझ्याकडे जे आहे ते yt समान आहे दोन a जे काही आहे ओमेगा

प्लस टी आणि ओमेगा मायनस टी ओमेगा मायनसचे कोसाइन हे ओमेगा प्लस पेक्षा खूपच कमी आहे

, म्हणून जर मी हे वेळेचे कार्य म्हणून प्लॉट करायचे असेल तर ओमेगा प्लस टी ही पहिली टर्म खूप उच्च

वारंवारता आहे

त्यामुळे ते बदलू शकते खूप जलद कालावधीचा कालावधी टी प्लस जो

ओमेगा प्लसवर 2 pi आहे तो टी उणेपेक्षा खूपच लहान आहे जो ओमेगा मायनसपेक्षा दोन pi च्या बरोबरीचा आहे

आणि जर मी याला ओमेगा मायनस ओमेगा मायनसने गुणाकार केला तर ओमेगा मायनस खूप हळूहळू

बदलतो

त्यामुळे दुसरी टर्म बदलते खूप हळू आणि ते खाली जाईल म्हणून मी

इथेच दोन पदांचा गुणाकार केला तर मी हे दाखवेन जर मी दोन संज्ञांचा गुणाकार केला तर मला

काय मिळणार आहे असे काहीतरी पुन्हा लहान होईल आणि नंतर

पुन्हा उचलेल ही संज्ञा कोसाइन आहे ओमेगा मायनस खरं तर मी

साइन ओमेगा मायनस ने गुणाकार केला आहे ही ओमेगा मायनस टीची साइन आहे

त्यामुळे तुम्ही

आणखी एक गोष्ट शिकलात जर मी साइन ओमेगा मायनस टी आणि साइन

ओमेगा टी यांना गुणाकार केला तर ते कसे दिसतात हे साइन ओमेगा प्लस मला दुरुस्त करू द्या इतर कार्यासाठी स्वतः n

म्हणजे ओमेगा प्लस टी कोसाइन ऑफ ओमेगा वजा t जर मी कोसाइन टर्म प्लॉट केले तर ते असे

काहीतरी असेल म्हणून पाप ओमेगा टी या कोसाइन ओमेगा टी टर्मप्रमाणे जात आहे येथे एक असेल आणि

नंतर हळू हळू शून्यावर जा आणि याप्रमाणे जा म्हणून उत्पादन मोठे दिसले ते लहान होईल आणि पुन्हा उचलले जाईल आणि पुन्हा लहान

होईल आणि पुन्हा उचलले जाईल

त्यामुळे हे असे प्रोफाईल असेल हे उत्पादन साइन ओमेगा

प्लस टी कोसाइन ओमेगा वजा t

त्यामुळे तुमच्या लक्षात आले आहे की हे वेळेचे कार्य आहे की वेळेचे कार्य म्हणून कंपन

मोठेपणामध्ये वाढत आहे आणि मोठेपणामध्ये कमी होत आहे आणि तुम्हाला ते का जाणवू शकते हे तुम्हाला

जाणवू शकते कारण हे कंपन साइनपेक्षा खूपच लहान प्रमाणात घडत आहे.

ओमेगा प्लस टी

स्वतःच म्हणून जर थोड्या वेगळ्या फ्रिक्वेन्सीच्या दोन ध्वनी लहरी असतील आणि मी एका बिंदूवर उभा

राहून त्यांना ऐकू लागलो तर मला जे ऐकायला मिळणार आहे ते म्हणजे अचानक लाटेचा मोठा

आवाज आवाजाच्या जोरावर जाणार आहे.

मोठे व्हा n ते खाली जाईल ते पुन्हा वर येईल ते खाली जाईल आणि याला बीट्सची घटना म्हणून ओळखले जाते आणि हे मणी होत आहेत आणि आता बीट्सची वारंवारता किती आहे हे लक्षात घ्या की माझे मोठेपणा yxt ओमेगाचे दोन एक साइन आहे ध्वनीच्या बाबतीत ओमेगा मायनस टी चे प्लस टी कोसाइन डेल्टा pxt असणार आहे काही मोठा दाब p साइन ऑफ ओमेगा प्लस टी कोसाइन ओमेगा मायनस टी आणि तुम्हाला जी ऊर्जा मिळणार आहे ती प्रमाणात असेल डेल्टा पी स्केअरमध्ये काय होते ही वारंवारता ओमेगा 1 उणे ओमेगा 2 भागिले 2 आहे त्यामुळे दबाव फरक

मोठा लहान पुन्हा पुन्हा मोठा लहान होणार आहे परंतु या ठिकाणी तुम्हाला मोठा आवाज ऐकू येईल जेथे मी एक उभ्या निळा काढत आहे या बिंदूवर रेषा या बिंदूवर आणि हा फरक फ्रिक्वेन्सीच्या दुप्पट आहे हा कालावधी अर्धा आहे t बाय दोन t उणे बाय दोन जो ओमेगा ओवर दोन π चा अर्धा आहे वजा ओमेगा एक उणे

ओमेगा दोन परिमाण

त्यामुळे बीट f_r इकॅंसी म्हणजे तुम्हाला किती वेळा

आवाज वर आणि खाली ऐकू येईल हे ओमेगा 1 उणे ओमेगा 2 च्या बरोबरीचे असेल कारण प्रत्येक वेळी मोठेपणा वर जातो मग तो नकारात्मक बाजूचा असो किंवा तुम्ही ज्या सकारात्मक बाजूने ऐकत आहात एक मोठा आवाज

त्यामुळे बिट वारंवारता फ्रिक्वेन्सीमधील फरकाच्या बरोबरीची आहे हे लक्षात ठेवा

ओमेगा 1 ओमेगा 2 बीट वारंवारता शून्याच्या बरोबरीचा होतो आता तुम्ही

विचारू शकता की मी या दोन्ही लहरींसाठी मोठेपणा समान आहे.

तुम्हाला कल्पना द्यायची होती की जर मोठेपणा वेगळे असेल तर काय होते

याचा अर्थ माझ्याकडे ओमेगा 1 टी प्लस बी साइन ऑफ ओमेगा टू टी

हे अधिक बी भागिले दोन साइन ओमेगा एक टी अधिक एक उणे b ने भागले म्हणून लिहू शकतो ओमेगाचे दोन साइन

एक टी प्लस ए अधिक बी ओमेगाच्या दोन साइन दोन t वजा a वजा b बाय ओमेगा टू t च्या दोन साइन

म्हणून मी हे ओमेगा वन टी प्लस साइन ऑफच्या दोन साइनच्या प्लस बी बरोबर मिळवणार

आहे ओमेगा टू टी प्लस अ वजा b ओमेगा टी च्या दोन साइन एक टी वजा साइन ऑफ ओमेगा

टी ωt आणि हे मला ओमेगा मायनस

t च्या ओमेगा प्लस t कोसाइन च्या 2 सायन द्वारे एक प्लस b देईल ओमेगा वजा t च्या ओमेगा प्लस t साइन च्या 2 कोसाइन द्वारे ओमेगा वजा टी आणि मी

येथे एक वजा चिन्ह ठेवले पाहिजे

त्यामुळे तुम्हाला पुन्हा लक्षात आले की ही दोन वेव्हजची सुपरपोजिशन आहे ज्या वेगवेगळ्या अॅम्प्लिट्यूड्स आहेत

पण दोन्ही बीट्सच्या घटना दर्शवत आहेत

त्यामुळे तुम्हाला पुन्हा बीट्स ऐकायला मिळतील आणि मला तुम्हाला काय

आवडेल हे वेळेचे कार्य म्हणून प्लॉट करण्याचा प्रयत्न करा आणि किती बीट्स आहेत ते पहा तुम्ही ऐकणार आहात

की हे नक्की ओमेगा 1 मायनस ओमेगा 2 आहे किंवा आणखी काहीतरी घडते पण

कल्पना आता स्पष्ट झाली आहे की जेव्हा तुम्ही दोन लहरी मिक्स करता ज्यांची फ्रिक्वेन्सी थोडी वेगळी

असते तेव्हा सुपरपोजिशनचे मोठेपणा वेळेनुसार खूप हळू बदलते आणि तुम्हाला मोठेपणा जात असल्याचे ऐकू येते वर आणि

खाली येणे आणि ही बीट्सची घटना आहे आणि शेवटी दोलन आणि लहरी या व्याख्यानांमध्ये

आपण डॉप्लर इफेक्ट नावाच्या एखाद्या गोष्टीवर चर्चा करतो ज्याचा त्याला स्वतःचा संबंध

आहे समजा आपल्याकडे लाटांचा स्रोत आहे आणि तो

सोमसह हलत आहे.

e velocity v source आणि i एक निरीक्षक म्हणून

एका विशिष्ट बिंदूपासून त्याचे निरीक्षण करतो आता निरीक्षण म्हणजे मी सर्वात सामान्य गोष्ट

करू शकतो ती म्हणजे स्रोत हा ध्वनी स्रोत आहे आणि मला ते ऐकू येत आहे .

आवाज काही बिंदूवर उभा आहे म्हणून हे

आहे v स्रोतासह फिरत आहे आणि मी ते ज्या दिशेला फिरत आहे त्या दिशेपासून एका कोनात उभा आहे.

किंवा असे होऊ शकते की ध्वनी

स्रोत स्थिर आहे आणि मी निरीक्षक म्हणून हलतो आहे किंवा या दोघांचे संयोजन आहे.

की पाहिलेली वारंवारता आणि या प्रकरणात ध्वनीच्या बाबतीत

जेव्हा मी वारंवार निरीक्षण केले असे म्हणतो तेव्हा ऐकलेली वारंवारता

ही स्रोताद्वारे उत्सर्जित होणाऱ्या वारंवारतेपेक्षा वेगळी असते आणि याला डॉप्लर प्रभाव म्हणून ओळखले जाते ज्याचा आपण

आता अभ्यास करणार आहोत.

वारंवारता किंवा आपण ऐकू

येणारी वारंवारता हे स्त्रोताद्वारे उत्सर्जित होत असलेल्या वारंवारतेपेक्षा किती भिन्न आहे हे आपण स्वतःला अशा प्रकरणांमध्ये मर्यादित ठेवणार आहोत

जेथे थीटा 0 आहे याचा अर्थ स्रोत आणि निरीक्षक बरोबर आहेत

स्रोताच्या हालचालीची रेषा किंवा निरीक्षक ते त्यापासून एका कोनात नाहीत म्हणून

आपण या प्रकरणांचा एक एक करून विचार करूया आता मी अभ्यास करणार आहे एक केस स्रोत निरीक्षकाकडे जात आहे म्हणून

आपण स्रोत घेऊ आणि येथे निरीक्षक विशिष्ट वारंवारतेवर लहर उत्सर्जित करतो का आपण त्याला ν

0 म्हणूया किंवा मी ν 0 ठेवणार नाही मी त्याला फक्त नवीन म्हणून कारण मी निरीक्षकासाठी 0 ठेवतो तेव्हा मी गोंधळून जातो

त्यामुळे ही काही वारंवारता ν आहे येथून विशिष्ट तरंग उत्सर्जित होऊ द्या,

एक विशिष्ट बिंदू जास्तीत जास्त विस्थापन घेऊ या जेणेकरून जेव्हा जास्तीत जास्त

विस्थापन दिले जाते तेव्हा ते निरीक्षकाकडे जाते आणि दोन कमाल

विस्थापनातील अंतर लॅम्बडा उजवे असते ज्याला v ने भागाकार ν ने दिले जाते जेथे v आहे लाटेचा वेग जेव्हा स्रोत स्थिर असतो तेव्हा आता

आपण पाहू या जर स्रोत हलत असेल तर काय होते.

म्हणून येथे निरीक्षक हा स्रोत आहे आणि त्याने एक विशिष्ट कमाल दिली आहे ही कमाल प्रवास सुरू होते

आणि नंतर एक कालावधी t तो पुन्हा कमाल दर्शवितो म्हणून ही कमाल

स्रोताकडे किंवा निरीक्षकाच्या दिशेने प्रवास करत आहे जेव्हा स्थिर स्रोताच्या बाबतीत पुढील कमाल दिली जाते तेव्हा हे अंतर लॅम्बडा होते

आता हे अंतर कमी होणार आहे कारण स्रोत हलला आहे आणि हे

स्रोताच्या गतीने कमी होणार आहे, मी डाव्या बाजूला केले तर ठीक आहे

त्यामुळे हा जास्तीत जास्त प्रवास केला आहे v स्रोत वेळा t चे अंतर कारण ते उत्सर्जित झाले की

नंतर t इतक्या प्रभावीपणे लॅम्बडा बनला आहे हे जांभळ्याने दर्शविले आहे जे लॅम्बडा

प्राइम इक्वल लॅम्बडा वजा v सोर्स टाईम आहे त्यामुळे

निरीक्षकाला प्राप्त होणारा लॅम्बडा हा लॅम्बडा प्राइम आहे जो लॅम्बडा सारखा आहे

वजा vst म्हणून ती व्यक्ती ज्या वारंवारतेकडे जाणार आहे ज्याला मी ν

एक म्हणून ती लॅम्बडा प्राइम ने भागलेल्या लाटाची गती असेल जी v ने भागलेल्या लॅम्बडा

वजा vst आपण कधीही लिहूया मूळ फ्रिक्वेन्सीच्या संदर्भात y म्हणजे v म्हणजे $v \lambda$ हे

दुसरे काहीही नाही पण v या फ्रिक्वेन्सीने भागाकार वजा vst ही फ्रिक्वेन्सी ओव्हर एक आहे जी

v ने भागली v वजा विरुद्ध वारंवारतेची वारंवारता

त्यामुळे आता ज्या वारंवारतेने मला हे कमाल ऐकू येत आहे

माझ्याकडे येणाऱ्या तरंगाचा आकार थोडा मोठा आहे म्हणून आपण काय काढले आहे की जर एखादा स्रोत असेल

जो स्रोत आणि निरीक्षकाच्या दरम्यान असलेल्या रेषेच्या रेषेने

निरीक्षकाकडे जात असेल तर निरीक्षकाला ऐकू येणारी वारंवारता असते ν v उणे

v स्रोत वेळा ν ने भागले जे ν पेक्षा मोठे आहे त्याच तर्काने जर हा सहकारी स्रोत

निरीक्षक आणि स्रोत यांना जोडणाऱ्या रेषेने दुसरीकडे जात असेल तर ν हे v अधिक v

अधिक v स्रोत वेळा ν असेल जे कमी आहे ν पेक्षा

त्यामुळे मी एकतर जास्त

वारंवारता किंवा कमी वारंवारता ऐकणार आहे हे तुम्हाला खूप वेळा दिसत असेल जेव्हा तुम्ही रेल्वे फाटक जवळ उभे असताना ट्रेन तुमच्या जवळ येत असेल

आणि जहाज उडवताना तुम्हाला खूप जास्त ऐकू येते f_r f_r इकेंसी आणि ती तुमच्यामधून जाते आणि तुमच्यापासून निघून जाते.

तुम्हाला ती वारंवारता ऐकू येते जी तुम्हाला वाटते त्याप्रमाणे ध्वनीची गुणवत्ता

बदलते म्हणून ही स्थिती एक केस दोन आहे जेव्हा एखादा निरीक्षक

स्रोताकडे जात असतो

त्यामुळे या प्रकरणात पुन्हा येथे स्रोत आहे आणि

हा निरीक्षक आता स्रोताकडे जात आहे म्हणून येथे हे मॅक्सिमा आहेत जे वेळेच्या फरकाच्या

नियमित अंतराने उत्सर्जित झाले आहेत आणि

त्यांच्यामधील अंतर लॅम्बडा आहे परंतु हा निरीक्षक स्रोताकडे जात असल्यामुळे तो

किंवा ती आहे त्यांच्यातील फरक थोडासा लहान असेल आणि म्हणून

उच्च वारंवारता आपण पाहू या की तो त्यांना किती लहान आहे हे पाहू, म्हणून आपण पूर्वीप्रमाणेच तर्कशास्त्र लागू करू

आणि आपण जे पाहणार आहोत ते येथे आहे स्रोत आणि तेथे ही

मॅक्सिमा आहे जी निरीक्षकाकडे सरकत आहे.

येथे आणखी एक कमाल आहे जी

वेग v द्वारे देखील स्रोताकडे जात आहे आणि निरीक्षक वेगाने त्यांच्याकडे जात आहे

v त्यांच्यामधील फरक शून्य आहे

लॅम्बडा

त्यामुळे आम्ही प्रश्न विचारत आहोत की निरीक्षकाला दोन मॅक्सिमामध्ये दिसणारे किंवा जाणवणारे प्रभावी अंतर कोणते आहे आणि त्यासाठी मला आणखी एक गोष्ट आवश्यक आहे ती म्हणजे या दोन वेळेच्या अंतराने उत्सर्जित होतात.

आपण

आता विचार करणार आहोत की प्रथम कमाल b ला t one च्या वेळी उत्सर्जित करू द्या आणि t दोनच्या वेळी दुसरा एक सोडा म्हणजे t दोन

वजा t वन म्हणजे t आता येथे निरीक्षकाला प्रथम कमाल t_1 प्राइम आणि दुसरी कमाल द्या t_2 प्राइम वर तर काय घडणार आहे इथे ही लाट येत आहे या मॅक्सिमा आहेत आणि ती वन प्राइम वर हा निरीक्षक येथे आहे आणि निरीक्षक या दिशेने फिरत आहे म्हणून तुमच्याकडे ती वन प्राइम अधिक लॅम्बडा भागिले v .

अधिक vo कारण

या कमाल गतीने v गतीने फिरणारा आणि निरीक्षक vo सह गतीने फिरणारा यातील सापेक्ष वेग v प्लस vo आहे आणि निरीक्षकाने ऐकण्यापूर्वी त्यांना लॅम्बडा इतके अंतर पार करावे लागेल

त्यामुळे ती तो निरीक्षक ती ते प्राइममध्ये दुसरा कमाल ऐकतो

त्यामुळे निरीक्षकाला जाणवलेला वेळ मध्यांतर किंवा कालावधी हा t दोन प्राइम वजा

एक अविभाज्य आहे कारण हा तो मध्यांतर आहे ज्यामध्ये त्याने दोन दोन मॅक्सिमा ऐकले म्हणजे t दोन प्राइम वजा t

वरील समीकरणाने एक अविभाज्य आहे लॅम्बडा भागिले v अधिक vo आणि हे t

प्राइम आहे जे 1 ओव्हर nu प्राइम आहे जेथे nu प्राइम ही पर्यवेक्षकाला जाणवणारी वारंवारता आहे आणि

हे लॅम्बडा भागिले vo अधिक v निरीक्षक आणि मला हे v nu वेळा v अधिक v निरीक्षक म्हणून लिहू द्या

आणि हे तुम्हाला लगेच देते की nu प्राइम समान आहे v अधिक v निरीक्षक

भागिले v गुणा nu जे nu पेक्षा मोठे आहे

त्यामुळे स्त्रोताकडे जाणारा निरीक्षक देखील

उच्च वारंवारता ऐकतो कारण मॅक्सिमा जलद गतीने येत आहेत

त्यामुळे आपण जे पाहिले ते असे की जर

एखादा स्रोत स्थिर असेल आणि निरीक्षक त्याकडे जात असेल कारण निरीक्षकाला मॅक्सिमा अधिक वेगाने येत असल्याचे दिसले तर

त्याला नवीन वारंवारता ऐकू येते जी v अधिक v निरीक्षण आहे r v वेळा nu अर्थातच

जर व्यक्ती दूर जात असेल तर u prime v nu वर v उणे v निरीक्षक होईल जे nu पेक्षा कमी

आहे म्हणून आपण आतापर्यंत जे शिकलो ते स्रोत निरीक्षक

एकमेकांपासून दूर जात आहेत आणि तर मग आपण हे सर्व एकत्र करून असे

लिहू शकतो की nu प्राइम समान असेल v प्लस किंवा उणे v निरीक्षक भागिले v प्लस किंवा

उणे v स्त्रोत गुणाकार स्त्रोत वारंवारता nu जेथे व्हो प्लस चिन्ह स्रोत आणि प्लसकडे जाणाऱ्या निरीक्षकांसाठी आहे

vs हे स्रोत निरीक्षकापासून दूर जाण्यासाठी आहे

आणि तुम्ही उर्वरित संयोजने भरू शकता या समस्येचा एक मनोरंजक फरक

जेव्हा आपण एखाद्या स्त्रोताला भिंतीकडे जाण्याचा विचार करतो आणि स्त्रोत

त्याचा स्वतःचा आवाज ऐकतो तेव्हा या प्रकरणात काय होते हे की भिंत प्रथम

स्त्रोताकडून वारंवारता प्राप्त करते कारण स्त्रोत निरीक्षकाकडे जात आहे, या प्रकरणात जर स्त्रोत

वारंवारता नवीन असेल तर भिंतीला वारंवारता प्राप्त होणार आहे nu प्राइम ज्याला v ने भागले जाईल

v उणे v वेळा nu आणि ही वारंवारता परत उत्सर्जित केली जाते किंवा भिंतीद्वारे परावर्तित होते आणि आता

ती ऐकणारी व्यक्ती निरीक्षक बनते

त्यामुळे तो आता निरीक्षक

स्त्रोताकडे जात आहे आणि

त्यामुळे हे नवीन दुहेरी प्राइम v ओव्हर v उणे होणार आहे nu जी

व्यक्तीच्या दिशेने येणारी वारंवारता आहे v अधिक v स्रोत भागाकार v म्हणून हे v रद्द होते

आणि व्यक्तीला mu दुहेरी प्राइम ऐकू येणार आहे जे v अधिक vs भागिले v

उणे v वेळा nu यातील फरक अशी असू शकते की भिंत व्यक्तीच्या

दिशेने स्त्रोताकडे जात आहे आणि स्त्रोत फक्त त्या स्थितीत उभा आहे हे देखील तुम्ही दाखवू शकता की ही असेल

v अधिक v भिंत भागिले v वजा v वॉल वेळा nu ही ती व्यक्ती किती वारंवारता आहे

येथे जाऊन मी शेवटी असे सांगून व्याख्यान संपवतो की पार्सप पार्सपमधील एअर कॉलमची फ्रिक्वेन्सी एका टोकाला बंद करता येते किंवा

दोन्ही टोकांना उघडता येते याचा आम्ही विचार केला आहे ज्यामध्ये दोन लहरी असतात

s साधारणपणे समान वारंवारतेचा सुपरइम्पोज आणि तिसरा आम्ही

डॉपलर इफेक्टचा विचार केला आहे ज्यामध्ये स्त्रोत किंवा निरीक्षक हलवत असल्यामुळे आम्हाला ऐकू येणारी वारंवारता

वेगळी आहे