

[संगीत] [टाब्या] ऑप्टिक्सवरील व्याख्यान मॉड्यूलमध्ये आपले स्वागत आहे आतापर्यंत आम्ही किरणांच्या प्रसाराच्या दृष्टीने प्रकाशाच्या प्रसाराचे वर्णन केले आहे किंवा प्रकाशाच्या प्रकाशकिरणांच्या प्रसाराच्या दृष्टीने आम्ही प्रकाशाचे वर्णन केले आहे आणि आम्ही आतापर्यंत अभ्यास केलेल्या विविध प्रभावांचे वर्णन केले आहे. किरण ऑप्टिक्सच्या संदर्भात पूर्वीचे व्याख्यान परंतु हस्तक्षेपासारखे अनेक प्रभाव आहेत जसे की साबण फिल्मच्या रंगासाठी जबाबदार असतात जे रंग आपल्याला पांढऱ्या प्रकाशात वेगवेगळे रंग दिसतात जे आपण साबण फिल्म पाहतो किंवा ज्याला विवर्तन किंवा ध्रुवीकरण म्हणून ओळखले जाते हे काही प्रभाव आहेत ज्यांचे वर्णन किरण ऑप्टिक्सद्वारे केले जाऊ शकत नाही आणि नंतर आपल्याला वेव्ह ऑप्टिक्सकडे जावे लागेल कारण मी या कोर्स मॉड्यूलच्या सुरुवातीला चर्चा केली आहे की जेव्हा जेव्हा काही विशिष्ट क्षेत्रे असतात ज्यांची एका दृष्टिकोनाचे वर्णन केली जाऊ शकते तर काही पैलू दुसऱ्या पध्दतीने चर्चा केली जाऊ शकते आणि म्हणून आता आपण वेव्ह ऑप्टिक्सकडे जाऊ, त्यामुळे वेव्ह ऑप्टिक्समध्ये आपण हे करूया म्हणजे हे वेव्ह ऑप्टिक्स आहे आणि मी प्रथम वर चर्चा करू या अभ्यासक्रमात मी ज्या विषयांवर चर्चा करणार आहे,

त्यामुळे येथे विविध विषय जे आपण पाहणार आहोत ते प्रथम आपण हाइटेन्स तत्त्व प्रतिबिंब आणि विमान लहरींच्या अपवर्तनाचे सुरुवात करू या तत्त्वानुसार हायजीनचे तत्त्व प्रथमच जेव्हा प्रकाशाच्या प्रसाराचे वर्णन करण्यात आले होते. तरंगांच्या अटी नंतर आपण हस्तक्षेपाकडे जाऊ या प्रथम आपण प्रकाश लहरींच्या सुपरपोजिशनबद्दल थोडी चर्चा करू आणि नंतर तरुणांच्या हस्तक्षेप प्रयोगाचे तपशीलवार वर्णन करू या तरुणांचा दोन संपूर्ण प्रयोग किंवा तरुणांचा दुहेरी आह स्लिट आणि प्रयोग हे नंतर तपशीलवार वर्णन केले जाईल. आपण विवर्तनाकडे जाऊ जिथे आपण वर्तुळाकार छिद्राद्वारे एकल स्लिट डिफ्रॅक्शन विवर्तनाचे वर्णन करू आणि आपण ऑप्टिकल उपकरणांच्या निराकरण शक्तीवर देखील चर्चा करू आणि नंतर शेवटी आपण प्रकाशाच्या ध्रुवीकरणाच्या संकल्पनेवर येऊ आणि आपण तेथे परावर्तनाद्वारे ध्रुवीकरणावर चर्चा करू. ध्रुवीकृत प्रकाश मिळविण्याचे वेगवेगळे मार्ग आहेत परंतु या कोर्समध्ये आपण करू परावर्तनाद्वारे ध्रुवीकरण आणि ब्रूस्टर अँगलवर चर्चा करा

त्यामुळे पुढे जाण्यापूर्वी आपण प्रथम काही ऐतिहासिक टप्पे चर्चा करू ज्यामुळे वेव्ह ऑप्टिक्सचा विकास झाला म्हणून मी येथे 1621 मध्ये सूचीबद्ध केलेल्या काही ऐतिहासिक टप्पे येथे दिले आहेत sne11 ने स्नेलचा नियम स्नेलचा अपवर्तनाचा नियम दिला आहे. आम्हाला माहित होते की हे प्रायोगिक निरीक्षणांवर आधारित एक अनुभवजन्य संबंध आहे हे स्नेल या संबंधातून बाहेर आले की sine i द्वारे sine r बरोबर n2 बाय n1 हे आम्ही आधीच्या व्याख्यानांमध्ये तपशीलवार चर्चा केली आहे आणि नंतर 1637 मध्ये नव्वद मध्ये 1637 मध्ये स्पष्टीकरण दिले. स्नेलचा नियम प्रदान करण्यात आला कारण स्नेलचा नियम प्रायोगिक निरीक्षणांवर आधारित एक अनुभवजन्य संबंध होता, त्याला कोणताही सैद्धांतिक आधार नव्हता तथापि 1637 मध्ये स्नेलच्या कायद्याचे स्पष्टीकरण डेसकार्टिसने प्रकाशाच्या कॉर्पस्कुलर कॉर्पस्कुलर मॉडेलवर आधारित दिले होते जे नंतर न्यूटनने स्थापित केले होते आणि आता हे न्यूटनच्या कॉर्पस्कुलर सिद्धांत म्हणून ओळखले जाते 1678 मध्ये प्रथमच वेव्ह थिओ पुढे मांडला प्रकाशाचा प्रकाश लहरी सिद्धांत जेथे प्रकाशाच्या प्रसाराचे वर्णन लहरींच्या प्रसाराच्या संदर्भात केले जाते परंतु आपण पाहणार आहोत की या कोणत्या प्रकारच्या लहरी आहेत यासारख्या विशिष्ट प्रश्नांची स्वच्छता ही उत्तरे देऊ शकली नाही आणि म्हणून कॉर्पस्कुलर सिद्धांत हाइटेन्सने पुढे रेटला तरीही प्रचलित झाला. 1678 मध्ये त्यांचा लहरी सिद्धांत त्यानंतर सुमारे एक शतक 1801 मध्ये जेव्हा तरुणाने त्याचा हस्तक्षेप प्रयोग सादर केला तेव्हा दोन संपूर्ण हस्तक्षेप प्रयोग सादर केला ज्याने खात्रीलायक प्रायोगिक पुरावा दिला की प्रकाश ही एक लहर आहे त्यानंतर 1864 मध्ये मॅक्सवेलने हा सिद्धांत मांडला. इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक लहरी आणि नंतर हे ज्ञात झाले की प्रकाश ही एक विद्युत चुंबकीय लहरी आहे जी नंतर प्रायोगिकरित्या सत्यापित केली गेली म्हणून हे पाहण्यासारखे काही टप्पे आहेत आणि जरी हायजिन्स वेव्ह सिद्धांत ऑप्टिक्समध्ये वापरला जात नसला तरी लहरी सिद्धांताच्या विकासाचा हा पाया होता. तरंग सिद्धांताच्या विकासासाठी म्हणूनच ते अ ऐतिहासिक मैलाचा दगड हा एक विलक्षण मैलाचा दगड म्हणून आपण प्रथम हायजिन्स तत्त्वावर चर्चा करू आणि प्रकाश प्रसाराच्या सिद्धांतावर चर्चा करू,

म्हणून प्रथम आठवते की आपण लाटा आणि लहरींच्या प्रसाराबद्दल आपल्याला काय माहित आहे याबद्दल थोडी चर्चा करू, म्हणून मी येथे जे दाखवले आहे ते आठवते ते विमान लहरी  $x$   $\psi$  म्हणून व्यक्त केला जाऊ शकतो डिस्टर्बन्स  $a$  लहर एक प्रसारित अडथळा आहे म्हणून  $x$   $\psi$   $\cos kx$  वजा ओमेगा  $t$  या  $kx$  वजा ओमेगा  $t$  याला फेज टर्म म्हणतात म्हणून हा फेज आहे आणि हे मोठेपणा आहे  $a$  हे मोठेपणा आहे आणि  $kx$  वजा ओमेगा  $t$  ही फेज टर्म आहे जिथे  $k$  समान आहे  $2\pi$  द्वारे  $\lambda$   $\lambda$  ही लहरीची तरंगलांबी आहे आणि ओमेगा ही कोणीय वारंवारता आहे जी  $2\pi$  मध्ये  $\nu$  ओमेगा च्या समान आहे येथे कोनीय वारंवारता समान आहे ते  $2\pi$  गुणा  $\nu$  जेथे  $\nu$  ही कोणत्याही झटपट  $t$  ची वारंवारता  $t_1$  च्या बरोबरीची असते ती स्थिर अवस्थेच्या पृष्ठभागाच्या  $t_1$  सारखी असते ती एक समतल लहर असते का याला समतल लहर म्हणतात कारण स्थिर चेहऱ्याची पृष्ठभाग  $w$  याला वेव्ह फ्रंट म्हणतात समतल लहर ही समतल तरंग आघाडीसह प्रसार करणारी लहर असते समतल तरंग आघाडीची तरंग अग्रभाग हा स्थिर अवस्थेचा पृष्ठभाग असतो म्हणून कोणत्याही झटपट  $t$   $1$  च्या बरोबरीने स्थिर अवस्थेचा पृष्ठभाग हा फेज टर्म टाकून प्राप्त होतो. स्थिरांकाच्या बरोबरीचे आहे म्हणून  $kx$  उणे ओमेगा  $t$   $1$  एका क्षणी स्थिरांकाच्या बरोबरीचे असते जेव्हा  $t$   $t$   $1$  बरोबर असते म्हणून हा भाग स्थिर असतो म्हणून याचा अर्थ  $kx$  स्थिरांकाच्या बरोबर असतो किंवा  $x$  स्थिरांकाच्या बरोबरीचा असतो कारण दिलेल्या तरंगासाठी  $k$  आहे लॅम्बडा द्वारे  $2\pi$  च्या समान हा एक स्थिरांक आहे आणि म्हणून  $x$  समान बरोबर स्थिरांक हे स्थिर टप्प्याचे  $x$  समान स्थिरांकाच्या पृष्ठभागाचे प्रतिनिधित्व करते जर आपण येथे असे प्लॉट केले की  $x$  स्थिरांकाच्या बरोबरीने  $x$  अक्षाला लंब आहेत आणि म्हणूनच ते एक आहे. समतल तरंग म्हणजे येथे  $t$  एक च्या बरोबरीचे आहे आपल्याकडे एक समतल आहे जे येथे दाखवले आहे ते स्थिर अवस्थेचे पृष्ठभाग आहे किंवा तरंग समोरील तरंग हे आता नंतरच्या वेळी एक समतल आहे म्हणून हे विमान  $x$  ला लंब आहेत अक्ष पुढे  $t$  मध्ये  $t$  वाढतो म्हणून येथे काय दाखवले आहे ते  $t$  बरोबर  $t$   $1$  अधिक डेल्टा  $tx$  ला  $t$  वाढले पाहिजे म्हणून  $x$  वाढले पाहिजे जर ही संज्ञा स्थिर राहायची असेल तर आपण या लहरीचा मागोवा घेत आहोत मग तरंग आघाडीची व्याख्या ही स्थिरांक काही स्थिर मूल्याच्या बरोबरीने केली जाते आणि म्हणून जर  $t$  वाढला तर  $x$  वाढवावा लागतो, म्हणजे दिलेल्या तरंग आघाडीसाठी  $t$  वाढल्यास  $x$  वाढतो दुसऱ्या शब्दांत तरंग सकारात्मक  $x$  दिशेने फिरेल म्हणून हे जेथे  $k$  ला प्रसार स्थिरांक किंवा फेज स्थिरांक म्हणतात कारण येथे प्रवास केलेल्या अंतराने फेज स्थिरांक गुणाकार केल्याने प्रसाराचा टप्पा मिळेल तो कोणत्याही क्षणी देखील असतो म्हणजे  $x$  दिशेने प्रसारित होणारी विमान लहरी समतल लहरी प्रसारित होणाऱ्या लहरींचे काय? अनियंत्रित दिशेने  $k$  आहे तर आपण लाटा अनियंत्रित दिशेने  $k$  मध्ये प्रसारित होताना पाहू या म्हणून येथे आणि मी लाटा एका अनियंत्रित दिशेने प्रसारित केल्या आहेत  $k$  म्हणजे  $k$  येथे आहे

त्यामुळे  $xyz$  अक्ष  $sh$  आहे स्वतःच्या अशा समतल लहरींना  $\psi$  द्वारे दर्शविले जाऊ शकते  $\cos k$  डॉट  $r$  उणे ओमेगा  $t$  आता  $k$  एका अनियंत्रित दिशेने प्रसारित होत आहे याचा अर्थ  $k$  हे तीन घटक असतील  $k$  हा सदिश आहे  $k_x k_y k_z$  आणि  $r$  म्हणजे  $r$  आहे पोजिशन व्हेक्टर जे  $i x j y$  प्लस  $k_z$  आणि  $k$  डॉट  $r$  द्वारे देखील दिले जाते म्हणून  $k \cdot r$  डॉट  $r$  आणि  $k \cdot z$  समान आहे म्हणून  $k$  डॉट  $r$   $k \cdot x$  अधिक  $k \cdot y$  प्लस  $k \cdot z$  समान आहे जर ही विमान लहर असेल तर ती दिलेल्या वेळी स्थिर असणे आवश्यक आहे आम्हाला वेव्ह फ्रंट देईल जे एक समतल आहे म्हणून याचा अर्थ  $k \cdot r$  स्थिरांक बरोबर असणे आवश्यक आहे म्हणून  $k \cdot r$  डॉट  $r$  म्हणजे  $k \cdot x$  अधिक  $k \cdot y$  अधिक  $k \cdot z$  जे स्थिरांकाच्या समान आहे आणि आम्हाला माहित आहे की हे समीकरण आहे विमानाचे समीकरण आपल्याला माहित आहे की विमानाचे समीकरण  $a x$  plus  $b y$  plus  $c z$  समान आहे स्थिरांकाचे प्रतिनिधित्व करते आणि म्हणून हे समीकरण  $k$  दर्शवते येथे  $k$  डॉट  $r$  स्थिर  $k$  बरोबर आहे येथे  $k$  डॉट  $r$  हे विमानांना लंब आहे स्थिरांक  $i$  च्या समान  $m$  प्लस  $k$  विमानांना लंब आहे त्याची दिशा तरंगाच्या प्रसाराची दिशा दर्शवते आणि या  $k$  व्हेक्टरची विशालता तीच आहे जी आपण आधी चर्चा केली आहे  $2\pi$  बाय लॅम्बडा म्हणजे प्रसार व्हेक्टरची परिमाण  $2\pi$  आहे लॅम्बडा आहे प्रसार स्थिरता म्हणून  $k$  हे लक्षात घेण्यासारखे आहे की प्रसार व्हेक्टर  $k$  हे तरंग समोरील बाजूस लंब आहे जे अगदी आधीच्या बाबतीतही खरे आहे, आम्ही ते सदिश म्हणून दाखवले नाही कारण  $k$   $x$  दिशेने होते आणि लाट  $x$  च्या बाजूने पसरत होती. दिशा पण या प्रकरणात  $k$  हा देखील सदिश आहे परंतु

फक्त एक घटक आहे आणि  $k$  हा तरंग चौकटीला लंब आहे

त्यामुळे हे एका अनियंत्रित दिशेने प्रसारित होणाऱ्या समतल लहरीचे प्रतिनिधित्व आहे आता आपण गोलाकार लहरी पाहू या

त्यामुळे आपण समतल लहरी पाहिल्या आहेत. एका विशिष्ट दिशेने प्रसार करणे आणि समतल लहरी अनियंत्रित दिशेने प्रसारित होणे आणि आता गोलाकार लाटा म्हणजे गोलाकार लाटा म्हणजे काय गोलाकार लाटा ज्यामध्ये दर्शविल्या जाऊ शकतात या पद्धतीप्रमाणे जर आपण वेव्ह स्फेरिकल वेव्हची व्याख्या वाढवली तर याचा अर्थ वेव्ह फ्रंट असलेली तरंग असणे आवश्यक आहे जे एक गोल आहे

त्यामुळे वेव्ह फ्रंट हे गोलाचे पृष्ठभाग असले पाहिजेत आणि आपण असे प्रतिनिधित्व पाहू या की ते गोलाच्या पृष्ठभागाचे प्रतिनिधित्व करते का? गोलाकारांचे

पृष्ठभाग किंवा नाही म्हणून  $r$  चा  $\psi$   $a$  by  $r$  मध्ये  $\cos kr$  वजा ओमेगा  $t$  च्या स्थिर अवस्थेचा पृष्ठभाग कोणत्याही क्षणी  $t$  समान आहे  $t = 1$

आहे  $kr$  समान स्थिरांक आहे जसे पूर्वी आपल्याकडे  $k$  डॉट  $r$  होते आणि त्याआधी आपल्याकडे  $kx$  होते आता आपल्याकडे  $kr$  बरोबर स्थिरांक

आहे कारण हा भाग दिलेल्या झटपट येथे स्थिर असतो आणि याचा अर्थ असा होतो की  $r$  हा स्थिरांक  $r$  आहे स्थिरांक  $r$  त्रिज्येच्या गोलाच्या पृष्ठभागाचे

प्रतिनिधित्व करतो म्हणून येथे योजनाबद्धपणे दाखवले आहे की हे अर्थात हा  $2d$  मधील क्रॉस सेक्शन आहे परंतु हे  $r$  समान आहे स्थिरांक गोलाच्या

पृष्ठभागाचे प्रतिनिधित्व करते आणि म्हणून गोलाकार लाटा फेज टर्म द्वारे दर्शविले जातात जे  $kr$  वजा ओमेगा  $t$  आहे  $r$  बदल काय?  $e$  म्हणून आपण

एका मिनिटात  $t$  वाढतो म्हणून पाहणार आहोत म्हणून या अभिव्यक्तीमध्ये आपण पाहतो की  $t$  वाढतो  $r$  वाढला पाहिजे जेणेकरून फेज स्थिर राहिल

कारण आपण एका विशिष्ट लहरीचा मागोवा घेत आहोत विशिष्ट तरंग आघाडीची व्याख्या येथे फेज फेज द्वारे समान आहे स्थिरांकापर्यंत आणि म्हणून

जसजसा  $t$  वाढतो  $r$  वाढतो जेणेकरून हे दिलेल्या तरंगासाठी स्थिर राहते आणि म्हणून  $t$  वाढते म्हणून लाटा वाढत जातात म्हणजे लाटा विस्तारत

असतात आणि प्रसाराच्या वेळेसह गोलाकार बाहेरून विस्तारत असतात हे बिंदू स्त्रोतांचे वैशिष्ट्य आहे जर  $m$  येथे एक बिंदू स्त्रोत घेतो तो प्रकाश देईल

तो प्रकाश देईल तो प्रकाश उत्सर्जित करेल एक बिंदू स्त्रोत नंतर तो सर्व दिशांना प्रकाश उत्सर्जित करेल तरंग आघाडी गोलाकार विस्तारित गोलाकारांच्या

रूपात आहेत ज्यामुळे  $rt$  च्या  $\psi$  द्वारे दर्शविले जाते  $a$  च्या बरोबरीचे आहे  $r$  मध्ये  $\cos kr$  वजा ओमेगा  $t$  द्वारे आपण या  $r$  वर परत आलो

आहोत आता हा  $r$  भाजकातील तीव्रता कमी होण्याची काळजी घेतो आम्हाला माहित आहे की तीव्रता  $\psi$  चौरस आणि व्या बरोबर आहे  $at$  म्हणजे

एक चौरस बाय  $r$  चौरस जो  $r$  वर्गाच्या वर्गाच्या प्रमाणात आहे आणि म्हणून आपल्याला हे देखील माहित आहे की तीव्रता शक्ती कमी करते किंवा

तीव्रता  $r$  वर्ग म्हणून उलट कमी होते म्हणजे ते  $1$  बाय  $r$  वर्गाच्या प्रमाणात असते आणि म्हणून मोठेपणा प्रमाणबद्ध असणे आवश्यक आहे.  $1$  द्वारे  $r$

म्हणून येथे आपल्या भाजकात  $ar$  आहे

त्यामुळे हे गोलाकार लहरी बदल आहे यासह आपण *eigens* तत्त्वावर आलो आहोत आता या *ah* मूलभूत गोष्टींसह आपण *hygiens* तत्त्वाकडे

पाहतो आता लहरींचा प्रसार कसा करायचा म्हणून येथे हे हाइटेन्स तत्त्व आहे हे विशिष्ट विधान नाही परंतु याचा अर्थ असा आहे की उंची वाढवण्याच्या

तत्त्वाच्या आवश्यक बाबी तरंग आघाडीवरील सर्व बिंदू बिंदू स्त्रोतांप्रमाणे कार्य करतात जे दुय्यम वेव्हलेट्स देतात जे वेव्ह फ्रंटच्या वेव्हच्या वेगाने बाहेरून

पसरतात. या दुय्यम तरंगांना पृष्ठभागाच्या स्पर्शिकेद्वारे डेल्टा  $t$  हा वेव्ह दिला जातो आपण या विधानाकडे परत येऊ याचा अर्थ काय आहे आणि  $t$  हे

स्पष्ट करू. मग आपण या विधानाकडे परत येऊ आणि नंतर आपल्याला ते पूर्णपणे समजेल, म्हणून आपण उंचीच्या तत्त्वाचा वापर करून विमान लहरींच्या

प्रसाराचा विचार करूया, म्हणून येथे प्रसार, म्हणून आपण थोड्या वेळाने या विधानाकडे परत येऊ,

त्यामुळे उंचीचा वापर करून विमान लहरींचा प्रसार तत्त्व म्हणून  $m$  येथे विचार करू या,

त्यामुळे विमान लहरींचा प्रसार करण्याचा विचार करा, तर येथे लहरी समोर आहे

त्यामुळे विमान लहरी अशा येत आहेत, म्हणून  $m$  दोन लहरी मोर्चा दर्शवू द्या म्हणजे नंतरच्या वेळी विमान लहरींचा प्रसार होत असेल तर आता असे असेल

तर  $t$  वरील तरंगाचा अग्रभाग टी वन बरोबर आहे तर लहरी समोरील समतल तरंग समोरचा जो एका विशिष्ट दिशेने प्रसारित होत आहे आणि म्हणून  $k$

वेक्टर प्रसारित आहे, म्हणून हे बाण  $k$  ची दिशा दर्शवतात आणि ही त्यामध्ये  $x$  दिशा असू शकते लाट कॉस  $kx$  वजा ओमेगा टी द्वारे दर्शविले जाते,

म्हणून येथे प्रसार दिशा आहे, म्हणून तरंग आघाडीवरील प्रत्येक बिंदू स्त्रोत  $o$  प्रमाणे कार्य करते तत्त्वानुसार  $f$  दुय्यम वेव्हलेट्स जे दुय्यम तरंगाच्या बिंदू

स्त्रोतांप्रमाणे कार्य करतात म्हणून  $m$  येथे जे दाखवत आहे ते बिंदू स्त्रोत आहे म्हणून सेकंदाचे बिंदू स्त्रोत जर हे बिंदू स्त्रोत असेल तर आम्हाला माहित आहे

की हे गोलाकार लाटा देईल

त्यामुळे हे गोलाकार लाटा देईल

त्यामुळे प्रत्येक बिंदूचा स्रोत अशाप्रकारे गोलाकार लहरी देतो म्हणून  $m$  गोलाकार लहरी काढत आहे आणि म्हणून  $m$  एका वेळी वेव्ह फ्रंटवरील सर्व

बिंदू पुन्हा एक वेव्ह फ्रंटवर आणूया जसे की बिंदू स्रोत जे दुय्यम भिन्न बिंदू देतात स्रोत म्हणजे गोलाकार तरंगलहरी देतील जे लाटेच्या गतीने बाहेरील बाजूने

प्रसारित होतात आणि याचा अर्थ नंतरच्या काळात  $t$  समान  $t=1$  अधिक डेल्टा  $t$  असतो ज्या गोलाकार लाटा येथे आहेत त्या हलल्या असल्या

त्यामुळे याची त्रिज्या येथे गोलाची त्रिज्या या गोलाची त्रिज्या  $v$  पट डेल्टा  $t$  असेल

त्यामुळे ही त्रिज्या बरोबर असेल जी त्रिज्या  $m$  नंतर या गोलांची येथे दाखवली आहे डेल्टा  $t$   $v$  च्या बरोबर असेल डेल्टा टी च्या वेळा आणि विधानात

असे म्हटले आहे की नंतरच्या वेळी डेल्टा टी या दुय्यम तरंगांना पृष्ठभागाच्या स्पर्शिकेद्वारे दिले जाते म्हणजे जर  $m$  असा पृष्ठभाग काढला जो दुय्यम

तरंगांना स्पर्शिका असेल तर हे तरंग आघाडीचे प्रतिनिधित्व करेल वेव्ह  $t$  बरोबर  $t = 1$  अधिक डेल्टा  $t$  आहे कृपया मला पुनरावृत्ती करू द्या तरंग

समोर  $t$  समान आहे  $t$  एक समान आहे या तत्त्वानुसार येथे वेव्ह फ्रंटवरील प्रत्येक बिंदू बिंदू स्त्रोतांप्रमाणे कार्य करेल आणि दुय्यम तरंगिका देईल

नंतरच्या काळात डेल्टा  $t$  म्हणजे  $t = 1$  अधिक डेल्टा  $t$  ही स्पर्शिकेद्वारे या दुय्यम तरंगांना दिलेली असते

त्यामुळे तुमच्याकडे एक स्पर्शिका आहे जी येथे आहे आणि ती बाहेरच्या बाजूने प्रसारित होईल म्हणून तरंग आघाडी बाहेरच्या दिशेने पसरत आहे आपण

येथे पाहू शकतो की आपण फक्त कुतूहलासाठी येथे स्पर्शिका काढू शकतो पण याचा अर्थ नंतरच्या काळात तरंग समोर या बाजूला असू शकतो परंतु

आपल्याला माहित आहे की लाट या दिशेने पसरत आहे आणि म्हणून *huygens* सोयीस्करपणे सांगितले की प्रसाराच्या दिशेशिवाय कोणत्याही

दिशेने मोठेपणा नाही मोठेपणा फक्त येथे मर्यादित आहे, म्हणून  $m$  हे थोडे मोठे दर्शवितो, म्हणून येथे बिंदू स्त्रोतांपैकी एक आहे जो तरंगावरील बिंदू

स्त्रोतांपैकी एक आहे म्हणून येथे तरंग आघाडीवर आहे ज्यावर आपण आहोत

त्यामुळे तुम्ही येथे फक्त स्पष्टतेसाठी पाहू शकता, म्हणजे हा तरंग समोर  $t$  is equal to  $t$  one नंतर  $t$  is equal to  $t$  one प्लस डेल्टा

त्यामुळे मी येथे तीन बिंदू घेतले आहेत, अर्थातच प्रत्येक बिंदू एका बिंदूच्या स्त्रोताप्रमाणे कार्य करतो परंतु मी फक्त तीन बिंदू आणि गोलाकार लाटा दर्शविल्या आहेत ज्या येथून बाहेर पडत आहेत आणि आम्ही सर्व तरंगांना स्पर्शिका काढतो ज्यामुळे आम्हाला तरंग समोर येतात. नंतरच्या वेळी डेल्टा टीटी वन प्लस डेल्टा टी आणि तुम्ही पुढे चालू ठेवल्यास नंतरच्या वेळी टी हे टी वन प्लस टू डेल्टा टी बरोबर असेल तर तुम्हाला वेव्ह फ्रंट येथे आणि प्रसाराच्या दिशेने मिळेल

त्यामुळे नंतरच्या वेळी डेल्टा येथे नवीन लहर समोर येईल.  $t$  हे सर्व दुय्यम तरंगांचे लिफाफा स्पर्शिका आहे हे एक महत्त्वाचे विधान आहे जे आपण नंतरच्या प्रसारामध्ये लागू करू आणि स्पर्शिकेवरील लहरीचे मोठेपणा हे केवळ तेच गृहितक आहे जे तरंग प्रसारित आहे हे दर्शविण्यासाठी उंचीसाठी आवश्यक होते. आता आपण गोलाकार लहरीचा प्रसार पाहू या, म्हणून गोलाकार लहरीचा प्रसार वाढविण्याच्या तत्त्वाचा वापर करून, पूर्वीप्रमाणेच मी येथे एक गोल घेईन,

त्यामुळे अंदाजे हा बिंदू स्त्रोत आहे आणि ज्याने एक गोलाकार दिलेला आहे. वेव्ह फ्रंट जी बाहेरच्या दिशेने पसरत आहे कारण येथून प्रकाश निघतो तो एक बिंदू स्त्रोत आहे आणि आपण नुकतेच पाहिले आहे की ते गोलाकार लाटा देते ज्याला  $r$  द्वारे  $\cos kr$  वजा ओमेगा  $t$  मध्ये दर्शविले जाऊ शकते म्हणून ही समस्या आहे आता आपण अर्ज करूया  $heightens$  तत्त्वानुसार मी येथे वेगळा रंग वापरू देतो

त्यामुळे आमच्याकडे बिंदू स्त्रोत आहेत आम्ही यावर बिंदू स्त्रोतांचा विचार करतो आणि नंतर हे बिंदू स्त्रोत हे दुय्यम तरंगिका देतात म्हणून मी पुढे अर्धा दर्शवित आहे कारण त्याने म्हटले आहे की लहर दुय्यम प्रसारित करते तरंग बाहेरच्या दिशेने पुढे जातात कारण  $k$  या दिशेने आहे आणि उंचीनुसार मोठेपणा फक्त स्पर्शिकेवर असेल म्हणून मी येथे वेव्ह फ्रंट वेव्हलेट्स काढले आहेत या दुय्यम वेव्हलेट्स आहेत आणि नवीन वेव्ह फ्रंट एक स्पर्शिका असेल एक पृष्ठभाग जो सर्व दुय्यम तरंगांना सर्व दुय्यम तरंगांना स्पर्श करेल आणि तो पुन्हा एक गोल असेल म्हणून जर हा गोल असेल तर नंतर हा एक गोलाकार असेल  $t + 1$  अधिक डेल्टा  $t$ , म्हणून मी आधी काढलेला एक आकृती ठेवतो ज्यामुळे ते अधिक स्पष्ट होईल म्हणून येथे गोलाकार लहर आहे म्हणून  $t$  वरील गोलाकार तरंग  $t$  वन बरोबर आहे. आणि आमच्याकडे येथे बिंदू स्त्रोत आहेत म्हणून मी विचारात घेतले आहे की मी येथे दर्शविली आहे आणि त्रिज्या येथे त्रिज्या नंतरच्या वेळी डेल्टा  $t$  असेल तर येथे या गोलांची त्रिज्या  $v$  च्या डेल्टा  $t$  च्या समान असेल जेथे  $v$  ची गती आहे माध्यमात तरंग, म्हणजे गोलाकार लहरी बाहेरच्या दिशेने पसरत आहेत आणि पुन्हा विधान आहे की पार्श्विक वेळी नवीन तरंगाचा अग्रभाग हा लिफाफा आहे जो सर्व दुय्यम तरंगांना स्पर्शिक आहे, म्हणून हे मी हाताने काढले आहे आणि येथे आहे एक आकृती आम्ही संगणक वापरून कोणते काढले आहे ते पाहू शकतो त्यामुळे आपण पाहू शकतो की हे एका वेळी डेल्टा टी आहे आणि हे एका वेळी 2 डेल्टा टी आहे आणि आपल्याकडे वेव्हफ्रंट आहे जो सर्व दुय्यम तरंगांना स्पर्शिक आहे

त्यामुळे या दिशेने समतल लहरीचा प्रसार होतो. ठिपके दर्शविले आहेत कारण ते या दिशेने विचारात घेतले जाणार नाहीत म्हणून आपल्याकडे  $k$  च्या दिशेने तरंगाचे मोठेपणा केवळ स्पर्शिकेवर उपस्थित आहे जे इजिन्स गृहीत आहे आणि म्हणून आपण येथे पाहू शकतो की ही मूळ तरंग गोलाकार आहे लाट आणि नंतरच्या काळात डेल्टा टी आमच्याकडे नवीन लहर आहे जी सर्व दुय्यम तरंगलांबींना स्पर्श करते, सर्व काही ठीक आहे

त्यामुळे प्रसार ठीक आहे म्हणून अशा प्रकारे आम्ही सक्षम आहोत किंवा हायजन हगिन्स समतल लहरींच्या गोलाकार प्रसाराचे स्पष्टीकरण किंवा वर्णन करण्यास सक्षम होते. लहरी किंवा सामान्यतः प्रकाश लहरीचा प्रसार, परंतु हे तत्त्व करा किंवा तत्त्व वाढवा किंवा प्रसाराचा हा मार्ग करा ते परावर्तनाच्या नियमाचे आणि अपवर्तनाच्या नियमाचे पालन करते कारण 'स्रेल'  $s$  कायदा आधीच ज्ञात होता आणि म्हणून तो परावर्तन आणि अपवर्तनाच्या नियमांची पूर्तता करतो का जो त्या वेळी आधीच ज्ञात होता, म्हणून आपण आयगन्स तत्त्वाचा वापर करून परावर्तन आणि अपवर्तनाच्या नियमांचे स्पष्टीकरण पाहू या.

आरसा म्हणून जे दाखवले जात आहे ते प्रकाशाचे किरण आहे जे येथे घटना आहे आणि हे येथे विमान लहरी फ्रंट आहेत तरंग मोर्चा आहेत आणि आरशावरील विमानातील लहरी घटना आरशावर घडणारी घटना आहे  $pq$  एका विशिष्ट वेळी आरशाचा पृष्ठभाग आहे ठराविक वेळ टी वन तरंग आघाडी नुकतीच येथे पोहोचली आहे आता मला हा तरंग आघाडी आहे असे म्हणू द्या टी वन आता तरंग आघाडीच्या या टोकाला दुसऱ्या टोकापर्यंत पोहोचण्यास आणखी काही वेळ लागेल म्हणून जर हे डेल्टा असेल तर डेल्टा टी असेल तर हा बिंदू  $v$  च्या बरोबरीचा असेल डेल्टा टी बिंदू  $a$  हा तरंग समोरील बिंदू आहे  $a$  ला आधीच आरशाला स्पर्श केलेला बिंदू आहे आणि

त्यामुळे प्रकाश दुसऱ्या बाजूच्या पलीकडे पसरत नाही कारण हे आरसा आहे तो एक परावर्तक आहे आणि म्हणून दुय्यम तरंगिका या दिशेने बाहेर पडण्यास सुरुवात करतील

त्यामुळे दुय्यम तरंगिका या दिशेने उत्सर्जित होतील म्हणून ते या दिशेने वाढत्या वेळेसह प्रसार करण्यास सुरुवात करतील कारण हे टोक येथे वेव्ह फ्रंटच्या जवळ येते. येथे आधीच पोहोचलेल्या दुय्यम तरंग तयार करतात आणि ते या दिशेने बाहेर येण्याचा प्रसार करू लागतात कारण हे एक परावर्तक आहे, उदाहरणार्थ, तोपर्यंत तरंग समोरचा बिंदू  $b$  येथे पोहोचतो, तरंग समोरच्या या टोकाला मी येथे दोन बिंदू घेतले आहेत. समोर म्हणजे येथे अंदाजे एक तृतीयांश अंतर एकूण अंतराच्या अंदाजे एक तृतीयांश दोन तृतीयांश आहे आणि हा बिंदू येथे पोहोचतो तोपर्यंत तरंग आघाडीचा बिंदू बी येथे पोहोचतो तेव्हा आपण पाहतो की हे येथे पोहोचेल आणि जसजसे हे पुढे पसरत जाईल तसतसे हे दुय्यम तरंग द्यायला सुरुवात करेल

त्यामुळे हे दुय्यम तरंग द्यायला सुरुवात करेल आणि तोपर्यंत तरंग समोर येईल  $t$  इथपर्यंत पोचला की हा बिंदू  $o2$  वर पोहोचला  $o2$  हा आणखी एक बिंदू आहे जो दुय्यम वेव्हलेट्स द्यायला सुरुवात करेल म्हणून हे दुय्यम वेव्हलेट आहे म्हणून हे दुय्यम वेव्हलेट देत राहते आणि शेवटी जेव्हा वेव्ह फ्रंटचा हा शेवट इथे पोहोचतो तेव्हा याने आधीच दुय्यम तरंगिका दिल्या आहेत. याने दुय्यम वेव्हलेट दिले आहे म्हणून त्रिज्या किती असेल, उदाहरणार्थ याला किती वेळ लागेल,

त्यामुळे प्रत्येक सेगमेंटमध्ये प्रवास करण्यासाठी लागणारा वेळ डेल्टा टी 3 ने आहे कारण डेल्टा डी हा  $b$  ते  $c$  पर्यंत एकूण वेळ आहे. प्रकाश आपल्याला  $b$  ते  $c$  पर्यंत प्रवास करावा लागेल म्हणून तरंग आघाडीला येथे प्रवास करण्यासाठी लागणारा वेळ म्हणून डेल्टा टी 3 ने या वेळी प्रसाराच्या या अंतराशी संबंधित वेळ देखील डेल्टा टी बाय 3 आहे आणि हे देखील असेल कारण मी घेतले आहे तीन कधी कधी तुम्ही फक्त एक पॉइंट मिडपॉइंट किंवा चार पॉइंट घेऊ शकता जे काही कितीही पॉइंट्स घेतले जाऊ शकतात म्हणून मी फक्त तीन वेगवेगळे पॉइंट घेतले आहेत आणि म्हणून ही त्रिज्या डेल्टा  $t$  मध्ये  $v$  असेल डेल्टा टी बाय 3 मध्ये  $3v$  ची त्रिज्या असेल जी येथे आहे आणि ही त्रिज्या  $v$  च्या 2 पट  $v$  मध्ये 2 डेल्टा  $t$  बाय 3 च्या बरोबरीची असेल आणि ही त्रिज्या येथे डेल्टा  $t$  च्या बरोबरीची असेल. येथे आणि म्हणून ते डेल्टामध्ये  $v$  च्या बरोबरीचे असेल आणि म्हणून  $v$  मध्ये डेल्टा  $t$  हे अंतर आहे म्हणून त्रिज्या स्पष्टपणे मोठी असेल म्हणून आपल्याकडे उंचीच्या तत्त्वानुसार आहे म्हणून आपण येथे दुय्यम तरंगांचे वेव्ह फ्रंट दाखवले आहेत या दुय्यम आहेत वेव्हलेट्स ज्या बिंदूपासून बाहेरच्या दिशेने प्रसारित होतात त्या बिंदूनुसार नवीन तरंग आघाडीला वाढवतात या तत्त्वानुसार नवीन तरंग आघाडीने दिलेले आहे असे विधान आपल्याला दिसते

त्यामुळे नवीन लहरी आघाडी नंतर नवीन लहरी आघाडी असेल टाईम डेल्टा टी हा सर्व दुय्यम तरंगलांबींचा लिफाफा स्पर्शिका आहे म्हणून लिफाफा जो सर्व दुय्यम चाकांना स्पर्शिका आहे म्हणून मी लिफाफा काढत आहे तो लिफाफा सर्व दुय्यम तरंगलांबींना स्पर्शिका आहे एक सरळ रेषा म्हणजे आपण पाहू शकतो की ती येथे स्पर्शिका आहे ती येथे स्पर्शिका आहे आणि ती येथे स्पर्शिका आहे म्हणून ही परावर्तित तरंगाचा तरंग समोर असेल जो एक समतल आहे जो समतल तरंग समोर आहे एकदा हे आपल्याला माहित आहे ते या दिशेला समतल लहरींच्या सहाय्याने प्रसारित होण्यास सुरुवात करेल, त्यामुळे विमान लहरी या दिशेने प्रवास करत आहेत ज्या वेळ पुढे जात असताना याच्या समांतर असतात, म्हणून मी येथे अधिक स्पष्ट आकृती दर्शवितो

म्हणजे मी तुम्हाला कसे काढायचे ते दाखवले आहे. आरशातील अपवर्तन परावर्तनावर समतल तरंग समोर आहे म्हणून मी तुम्हाला येथे पूर्व काढलेली एक आकृती दाखवू या म्हणजे आम्ही येथे पाहू शकतो की मी येथे घेतलेले तीन गुण मी मागील प्रकरणात फक्त तीन गुण घेतले आहेत मी फक्त चार गुण घेतले होते. हे स्पष्ट करण्यासाठी की अनेक तरंग आघाडी आहेत आणि स्पर्शिका सर्व तरंग आघाडींना स्पर्शिका देईल प्रतिबिंबानंतर तरंग आघाडी दर्शविले म्हणून या प्रकरणात मी येथे फक्त तीन तरंग आघाडी दर्शविल्या आहेत तीन points म्हणून एक टोक म्हणजे येथे शेवटचा बिंदू शेवटचा बिंदू मध्य बिंदू आणि हा शेवटचा बिंदू मध्य बिंदू आणि म्हणून येथे फक्त तीन बिंदू आहेत जे येथे दर्शविलेले आहेत आणि तुम्ही घटना लहर आणि परावर्तित लहर पाहू शकता

त्यामुळे  $\theta$  थ्री येथून येथे  $\theta$  three डेल्टा  $t$  गुणिले  $v$  च्या समान आहे जर डेल्टा  $t$  येथे प्रवास करण्याची वेळ पुन्हा असेल जी या तरंग आघाडीच्या त्रिज्या ओहच्या समान आहे कारण जेव्हा हे  $b$  वर होते तेव्हा बिंदू आधीच ओ 1 येथे स्पर्श केला आहे. तरंग समोर  $\theta$  1 वर आहे म्हणून ती लगेच दुय्यम तरंग द्यायला सुरुवात करते आणि म्हणून हे  $\theta$  one  $h$  च्या बरोबरीचे आहे जे येथे  $\theta$  one  $f$  च्या बरोबरीचे आहे कारण हा एक गोल आहे म्हणून एक  $h$  किंवा एक  $f$

त्यामुळे घटना तरंग समोर  $b$  ते  $\theta$  तीन पर्यंत पोहोचते स्पष्टीकरण येथे लिहिले आहे  $b$  दोन  $\theta$  तीन  $\theta$  एक पासून दुय्यम तरंगिका  $\theta$  दोन पासून  $h$  बिंदू  $k$  पर्यंत  $\theta$  2 पासून  $k$  बिंदू पर्यंत येथे पोहोचतात आणि या तरंगांना पृष्ठभाग स्पर्शिका देतात परावर्तित तरंग समोर जो येथे दर्शविला आहे जे एक विमान आहे आणि म्हणून पुढे ते पुढे येईल जसे आपण आधीच स्पष्ट केले आहे म्हणून हे आरशाद्वारे प्रतिबिंब दर्शविते परंतु हे प्रतिबिंबाच्या नियमाचे पालन करते की नाही ते पाहू या, म्हणून मी आता एक चांगली आकृती येथे ठेवूया

त्यामुळे ते समाधान करते की नाही ते पाहू. परावर्तनाचा नियम हा घटना तरंग समोर आहे ही परावर्तित तरंग आहे म्हणून आता आपण येथे पाहिले आहे की  $ab$  येथे स्पर्श होण्यापूर्वीच तरंग समोर आहे आणि हा आरसा आणि तुळईसाठी सामान्य असल्यास तो परावर्तित तरंग फ्रंट  $fc$  आहे घटना अशी आहे म्हणजे हा घटनेचा कोन  $i$  येथे दर्शवितो तर हा  $i$  असेल कारण हा  $90$  अंश आहे तर हा हा कोन येथे देखील  $i$  आहे कारण इथून इथपर्यंतचा संपूर्ण कोन  $90$  वजा  $i$  आहे म्हणून हा  $i$  असणे आवश्यक आहे. आणि हा  $i$  आहे त्याचप्रमाणे जर हा  $r$  असेल तर हा कोन  $r$  असेल तर हा कोन येथे  $90$  वजा  $i$  आहे आणि हा कोन येथे या त्रिकोणासाठी  $r$  आहे कारण हा  $90$  अंश आहे आणि हा कोन  $r$  आहे म्हणून रेम आयनिंग एंगल येथे  $90$  वजा  $r$   $90$  वजा  $r$  आहे आणि म्हणून हा कोन  $r$  असणे आवश्यक आहे, म्हणजे आपल्याकडे हे  $i$  च्या बरोबरीचे आहे आणि हे  $r$  च्या बरोबरीचे आहे आणि म्हणून  $abc$  त्रिकोणामध्ये  $abc$   $\sin i$  हा कोन  $i$  म्हणून  $\sin i$  आहे  $bc$  च्या बरोबरीचे आहे म्हणजे विरुद्ध  $bc$  भागिले  $ec$  कर्ण येथे आहे जे  $bc$  च्या समान आहे  $v$  डेल्टा  $t$  मध्ये आहे ज्या वेळी  $v$  च्या समान अंतर डेल्टा  $t$   $bc$  समान  $v$  मध्ये डेल्टा  $t$  ने भागले आहे त्याचप्रमाणे त्रिकोण  $afcafc$  मध्ये आहे जेथे  $fc$  हे परावर्तित तरंग समोरचे चिन्ह आहे  $r$  हा कोन  $\sin r$  समान आहे  $af$  भागाकार  $ac$   $af$  भागाकार  $ac$  ने  $v$  बरोबर डेल्टा  $t$  द्वारे  $ac$  आणि म्हणून याचा सरळ अर्थ असा आहे की  $\sin i$  समान  $\sin r$  किंवा  $i$  समान आहे परावर्तनाचा नियम कोणता आहे

त्यामुळे परावर्तनाचा नियम हिगिन्स तत्त्वाचा वापर करून बांधकाम आणि प्रसार वाढवून समाधानी होतो आता आपण अपवर्तनाचा नियम पाहू या त्यामुळे परावर्तनाचा नियम तो समाधानी आहे आता आपण अपवर्तनाचा नियम पाहू या तो refra आहे दोन पारदर्शक माध्यमांमधील इंटरफेसवर क्रिया म्हणून पूर्वीप्रमाणे या वेळी मी चित्र काढत नाही कारण ते येथे दाखवले आहे प्रसंग तरंग समोर येथे येत आहे आणि जेव्हा या इंटरफेसवर येथून प्रवास करते तेव्हा दुय्यम तरंग बाहेर येऊ लागतात

त्यामुळे दुय्यम तरंगिका बाहेर येतात आणि जेव्हा  $b$  येथे पोहोचते तेव्हा दुय्यम तरंगिका येथे पोहोचते लक्षात घ्या की अपवर्तक निर्देशांक भिन्न आहेत  $n_1$  आणि  $n_2$   $n_2$  हा  $n_1$  पेक्षा मोठा आहे जर  $n_2$   $n_1$  पेक्षा मोठा असेल तर आपल्याला स्नेलच्या नियमानुसार आधीच माहित आहे की किरण सामान्य किंवा सामान्य दिशेने वाकतील. तुळई सामान्य दिशेने वाकली जाईल म्हणून जर ती सामान्य दिशेने वाकली असेल तर जर  $n_2$   $n_1$  पेक्षा मोठे असेल तर  $v_2$  हे  $v_1$  पेक्षा कमी असले पाहिजे जर आपण  $v_1$  पेक्षा  $v_2$  कमी गृहीत धरले नाही तर हे अंतर येथे जाहिरातीच्या तुलनेत लहान असेल  $bc$  येथे फक्त  $v_2$  हे  $v_1$  पेक्षा लहान आहे असे गृहीत धरले कारण हे अंतर जाहिरात  $v$  च्या दोन पट डेल्टा  $t$  च्या बरोबरीचे आहे जोपर्यंत हे अंतर कमी होत नाही तोपर्यंत ही तरंग आघाडी याकडे झुकणार नाही आणि प्रायोगिकरित्या आपल्याला आधीच माहित आहे की जर असा एखादा आपत्कालीन किरण असेल तर दुसरा माध्यम जास्त अपवर्तक निर्देशांक असेल तर तो सामान्य दिशेने वाकतो म्हणून  $v$  दोन हे  $v$  एक पेक्षा कमी आहे असे गृहीत धरणे आवश्यक आहे आणि जर आपण गृहीत धरले की  $v$  दोन कमी आहे.  $v$  एक पेक्षा नंतर हे अंतर जाहिरात प्रवास करते आणि त्याचप्रमाणे हे बिंदू संबंधित अंतर आणि स्पर्शिका सर्व दुय्यम तरंगांना प्रवास करतील हे आणि हे येथे दर्शविलेले आहे या बिंदूवर अपवर्तित तरंगाचा तरंग समोर आहे आणि नंतर जर हे समतल असेल तर समतल तरंगाच्या रूपात प्रसारित होईल म्हणून दुसऱ्या माध्यमातील तरंगाचा पुढचा भाग सर्व दुय्यम तरंगांना स्पर्शिका आहे आणि अशा प्रकारे दोन डायलेक्ट्रिक्समधील इंटरफेसमध्ये तरंग प्रसार अपवर्तन हे अपवर्तक निर्देशांक  $n_1$  आणि  $n_2$  ची दोन माध्यमे आहेत हे हाइट्स तत्व वापरून वर्णन केले आहे. मी येथे अपवर्तनाचा नियम दर्शविण्यासाठी त्याच चित्राचे अधिक स्पष्ट चित्र ठेवतो

त्यामुळे अपवर्तनाचा नियम तत्त्वानुसार वाढतो म्हणून पहा ही घटना होती  $ave$  आणि  $ah$  वेळ फ्रंट आणि नंतर हे अपवर्तित वेळफॉर्म आहे म्हणून आपण त्रिकोण  $abcabc$  मध्ये पूर्वीप्रमाणे पाहू शकतो येथे  $\sin i$  येथे  $bc$  बरोबर असेल त्यामुळे  $bc$  द्वारे  $ac$   $bc$   $v_1$  डेल्टा  $t$  मध्ये आता आपल्याकडे दोन माध्यम आहेत हे आहे अपवर्तक निर्देशांक  $n_1$  आणि वेग  $b_1$  येथे तो  $n_2$  आणि  $v_2$  आहे

त्यामुळे  $v_1$  डेल्टा  $t$  बाय  $ac$  त्रिकोणात  $a$   $dc$  हा त्रिकोण दुसऱ्या मध्यम साइन  $r$  हा कोन साइन  $r$  अपवर्तित कोन हा कोन या कोनासारखाच आहे आणि म्हणून  $\sin r$  होईल  $ad$  च्या बरोबरीने  $ac$  म्हणजे  $v$  च्या 2 पट डेल्टा  $t$   $by$   $ac$  म्हणजे  $\sin i$   $\sin r$  प्रमाणे  $v_1$  बाय  $v_2$  जे  $snell$  च्या नियमानुसार  $n_2$   $by$   $n_1$  च्या बरोबरीचे आहे कारण  $snell$  ला  $snell$  च्या नियमानुसार आहे आपल्याला माहित आहे की  $\sin i$   $\sin r$  बरोबर  $n_2$  बाय  $n_1$  आहे.

त्यामुळे  $v_1$  बाय  $v_2$  बरोबर  $n_2$  बाय  $n_1$   $n_2$   $n_1$  पेक्षा मोठा आहे आणि म्हणून  $v_2$  हा  $v_1$  पेक्षा लहान आहे जर  $n_2$   $n_1$  पेक्षा मोठा असेल तर वेग आता या माध्यमात प्रकाशाचा आकार लहान असायला हवा. अपवर्तन जे त्याच्या काळात आधीच ज्ञात होते

त्यामुळे हा प्लस पॉईंट होता परंतु उंची वाढवण्यास काही अडचण आली होती तर या कोणत्या प्रकारच्या लहरी आहेत याचे उत्तर त्याला देता आले नाही कारण हे देखील माहित होते की या प्रकाश लहरी निर्वातातून कोणत्याही माध्यमाशिवाय प्रसारित होऊ शकतात मग कोणत्या प्रकारच्या लहरी आहेत हे आहेत आणि म्हणूनच कॉर्पस्कुलर सिद्धांत प्रचलित आहे कारण कॉर्पस्कुलर सिद्धांतामध्ये या कोणत्या प्रकारच्या लहरी आहेत याचे स्पष्टीकरण होते आणि म्हणूनच हिगिन्स सिद्धांत जरी 16 मध्ये मांडला गेला असला तरी 1637 च्या सुरुवातीस तो एक शतकापेक्षा जास्त काळ स्वीकारला जाऊ शकला नाही. 1801 जेव्हा थॉमस यंगने त्याचा प्रसिद्ध प्रयोग समोर ठेवला जो दुहेरी छिद्र प्रयोग किंवा दुहेरी स्लिट प्रयोग आहे हे सिद्ध करण्यासाठी की प्रकाश ही एक लहर आहे हे पटवून देण्यासाठी म्हणून थॉमस यंगच्या प्रयोगाकडे जाण्यापूर्वी आपण आता यावर थोडी अधिक चर्चा करू. ऍपर्चर्समधून प्रकाशात जाणाऱ्या हायजन तत्त्वाचा उपयोग दिसेल

त्यामुळे मी  $li$  स्पष्ट करू  $ght$  हिगिन्स तत्त्वाचा वापर करून ऍपर्चर्समधून जात आहे म्हणून मी आता ज्याची चर्चा करत आहे ते पहा ऍपर्चर ऍपर्चरवर विमान लहरीच्या घटनेचा विचार करा म्हणजे एक स्टॉप जो विशिष्ट ओपनिंगसह आहे म्हणून येथे एक स्टॉप आहे उदाहरणार्थ तो स्क्रीन असू शकतो किंवा तो असू शकतो एक ओपनिंग असलेली एक अपारदर्शक प्लेट असावी येथे समतल लहरी येथे घटना आहेत विमान लहरी येथे पोहोचतात तेव्हा उंचावलेल्या

तत्त्वानुसार विमान लहरी या छिद्रावर घडतात तेव्हा ती येथे पोहोचते तेव्हा मला येथे निळा रंग वापरू द्या आमच्याकडे बिंदू स्रोत आहेत दुय्यम व्ह्यूलेट्स वापरून प्रसाराची चर्चा केली जाते जे बिंदू स्रोत येथे आहेत ते छिद्राने अवरोधित केले आहेत त्यामुळे येथे एक छिद्र आहे जे अवरोधित करते ते मर्यादित आहे मर्यादित जाडीची प्लेट किंवा काही अडथळा आणि वेव्हफ्रंट जो येथे आहे तो सुरू होतो दुय्यम वेव्हलेट्स देणे म्हणजे ते बाहेर पडतात कारण आपल्याला हे पहावे लागेल की ते छिद्र ओलांडून कसे पसरते त्यामुळे हे दुय्यम लहरी बाहेर काढते चला तर मग कालांतराने या दुय्यम तरंगिका मोठ्या आणि मोठ्या होत जातील आणि या सर्वांची स्पर्शिका अधिकाधिक होत जाईल म्हणून या प्रत्येक दुय्यम तरंगिका पुन्हा बिंदू स्रोत म्हणून कार्य करतात आणि म्हणून ते अशा प्रकारच्या तरंगिका देतात. आणि आम्हाला माहित आहे की नंतरच्या काळात वेव्हफ्रंट स्पर्शिका असलेल्या पृष्ठभागाद्वारे दिले जाते, म्हणून मी काळ्या रंगाचा वापर करून टॅग काढतो जी सर्व दुय्यम तरंगांना स्पर्शिका आहे म्हणून असे दिसते की ते सर्व दुय्यम तरंगांना स्पर्शिक आहे. परंतु आपण पाहिलं आहे की वेव्ह फ्रंटमध्ये आता वक्रता लहरी समोर एक वक्रता आहे याचा अर्थ असा आहे की मूळतः तो अशा प्रकारे प्रसारित होत असला तरीही आता तो  $k$  वेक्टर आहे किंवा प्रसार दिशा आहे जी तरंग आघाडीसाठी सामान्य आहे त्यात देखील घटक आहेत येथे मूळ दिशेपासून दूर असलेली दिशा जर आपण अधिक काळजीपूर्वक पाहिली तर याचा अर्थ असा होतो की जर मी नंतरच्या वेळी तरंगाच्या आघाडीवर प्लॉट केले तर ती आणखी होईल याप्रमाणे तर याचा अर्थ असा आहे की लाटा छिद्राच्या भूमितीय सावलीत देखील प्रसारित होत आहे हा शब्द काय आहे मी आता भूमितीय सावली भौमितिक सावली भूमितीय सावली हा शब्द सादर केला आहे याचा अर्थ काय आहे जर लाटा अशा घटना घडत असतील तर ते प्रसारित करत आहेत या दिशेला मग छिद्रामुळे एक सावली आहे आणि ही लाट थेट इथे आली असावी कारण मी किरण सिद्धांत उदाहरणार्थ प्रकाशाचा रेक्टिलिनियर प्रसार वापरतो तर मला फक्त इथेच प्रकाश येताना दिसला पाहिजे आणि बाकीचा भाग असेल तर मी येथे वेगळा रंग वापरतो

त्यामुळे येथे हा भाग या छिद्राची भूमितीय सावली आहे येथे एक छिद्र आहे आणि एक भौमितिक सावली आहे याचा अर्थ भूमितीशी संबंधित असेल तर सरळ किरण किंवा सरळ रेषा येथे आणि येथे जातील कारण ही एक विमान लहरी आहे जी येथे घडली होती परंतु आपण पाहतो की जेव्हा आपण लाट समोर बांधतो तेव्हा उंचीच्या तत्त्वानुसार  $\text{ront}$  भौमितिक सावलीत देखील प्रसारित होतो दुसऱ्या शब्दात भौमितिक सावलीमध्ये प्रकाशाचा प्रसार होतो जो आपण नंतर पाहणार आहोत की विवर्तन ही विवर्तनाची घटना असल्याशिवाय दुसरे काहीही नाही आणि म्हणूनच तत्त्व वाढवते हे विवर्तन स्पष्ट करण्यास सक्षम होते जे प्रकाश भौमितिक सावलीत पसरते. छिद्रांचे माझ्याकडे येथे काही आकृत्या आहेत जे ते अधिक स्पष्टपणे स्पष्ट करतील, म्हणून मी तुम्हाला येथे काही आकृत्या दाखवतो ज्या छिद्रावर दुय्यम वेव्हलेट्स वाढवतात म्हणून येथे हे संगणक वापरून काढले आहे त्यामुळे विमान लहरी घटना आहेत येथे एक छिद्र आहे म्हणून आम्ही येथे भिन्न बिंदू स्रोतांचा विचार केला आणि नंतर दुय्यम तरंग तयार केले जे बिंदू स्रोतांपासून उद्भवणारे गोल आहेत कारण आपण पाहू शकता की येथे दुसरे कोणतेही बिंदू स्रोत नाहीत कारण हे छिद्र आहे आणि म्हणून सर्व दुय्यम तरंगांना पृष्ठभाग स्पर्शिका दिसते. याप्रमाणे ते येथे काहीसे समतल आहे परंतु या दिशामध्ये वक्रता देखील आहे  $\text{tion}$  म्हणजे तरंग भौमितिक सावलीत देखील पसरत आहे भौमितिक सावली येथे असती म्हणून हा असा प्रदेश आहे जिथे प्रकाश यायला हवा होता परंतु प्रकाश देखील भूमितीय सावलीत पसरत आहे जर आपण छिद्र आकार कमी केला तर आपण उदाहरणार्थ कमी केले तर ही अपारदर्शक पडदा आहे जर आपण छिद्राचा आकार कमी केला तर आपण पाहतो की तो अधिक पसरतो तो येथे जवळजवळ सपाट होता आणि दुसऱ्या टोकाला थोडासा वक्रता होता परंतु आता आपण पाहतो की सपाट प्रदेश अधिकाधिक लहान होत जातो. गोलाकार ते गोलाकार लहरीकडे अधिक सरकत आहे आणि जर मी छिद्र आणखी कमी केले तर छिद्र आणखी कमी करूया आणि आपण पाहू शकतो की जर छिद्राचा आकार कमी केला तर उच्च बंदुकांच्या बांधणीमुळे आपल्याला वेव्ह फ्रंट मिळतात जे गोलाकार लहरी घटना वेव्हच्या जवळ येतात. ही एक समतल लहरी आहे आणि जर तुम्ही ती अगदी लहान छिद्रापर्यंत कमी केली तर आपल्याकडे जवळजवळ गोलाकार लाटा आहेत ज्या छिद्रामधून बाहेर पडतात हे ई काय आहे त्याच्या विरुद्ध आहे. किरणांच्या सिद्धांतावरून अपेक्षित आहे म्हणून आपण पाहतो की तरंगाचा पुढचा भाग अधिकाधिक गोलाकार होत चालला आहे ही निरीक्षणे त्या वेळी अनेक शास्त्रज्ञांनी आणि अनेक संशोधकांनी केली होती आणि त्यांना खात्री पटली होती की प्रत्येक प्रकाश ही एक तरंग असली पाहिजे परंतु तेथे कोणताही ठोस पुरावा नव्हता. प्रकाशाच्या संदर्भात कोणतेही प्रायोगिक पुरावे नव्हते जरी यांत्रिक लहरी महासागराच्या लाटा होत्या ज्यात अशा प्रकारचे वर्तन दिसून आले परंतु प्रकाश ही लाट आहे हे सिद्ध करू शकेल असे कोणतेही प्रयोग नाहीत म्हणून मी तुम्हाला दाखवलेल्या दोन छिद्रांचे पुढील निरीक्षण. शेवटच्या आकृतीमध्ये एक पिन होल किंवा एक लहान छिद्र आहे जे जवळजवळ गोलाकार वेव्हलेट्स देतात आणि जर आपण स्क्रीनच्या दोन छिद्रामधून दोन छिद्रे इजेन दुय्यम वेव्हलेट्स असतील तर काय होईल, जर आपण दोन छिद्रामधून गोल काढले तर मग आपण असे निरीक्षण करतो की येथे दिशानिर्देश आहेत जे येथे दाखवले आहे घन रेषा आणि डॅश रेषा डॅश रेषा तरंग आघाडी दर्शवते जर एखाद्या सायनसॉइडल वेव्हचा प्रसार अशाप्रकारे होत असेल तर कुंडांशी संबंधित असेल तर त्यात कुंड आणि शिळे असतील तर येथे मोठेपणा किमान आहे आणि मोठेपणा येथे कमाल आहे याच्याशी जुळते म्हणून दोन बिंदू टप्प्यात  $\pi$  फरक आहेत मॅक्सिमा आणि मिनिमामध्ये फेज फरक  $\pi$  आहे तर काय येथे हौद दाखवले आहेत

त्यामुळे वेव्ह फ्रंट कुंडशी संबंधित आहे आणि वेव्ह फ्रंट क्रेस्टशी संबंधित आहे, याचा अर्थ जर मी कॉस ओमेगा टी माय कॉस केएक्स मायनस ओमेगा टी ठेवले तर ही  $x$  दिशा आहे असे गृहीत धरले तर येथे समोरचा टप्पा  $kx$  वजा ओमेगा टी समान आहे स्थिरांकासाठी हे  $kx$  उणे ओमेगा  $t$  समान स्थिरांक दर्शविते स्थिरांक भिन्न असतात जर हा स्थिरांक  $\pi$  असेल तर हा स्थिरांक दोन  $\pi$  आहे म्हणजे क्रेस्ट आणि कुंडचा अर्थ आहे म्हणून मी येथे मिनिमाशी संबंधित तरंग आघाडी दर्शविली आहे आणि मॅक्सिमा जर आपण येथे तरंग आघाडी पाहिली तर येथे डॅश केलेली रेषा कुंडांशी संबंधित आहे आणि घन रेषा येथे घन वक्र क्रेस्टशी संबंधित आहेत जर तुम्ही हे गोलाकार प्लॉट केले तर तुम्हाला असे दिशानिर्देश आहेत जिथे तुम्हाला दिसेल की घन रेषा घन रेषेला भेटते, डॅश केलेली रेषा डॅश रेषा पूर्ण करते घन रेषा घन रेषा डॅश लाइन डॅश रेषेला भेटते आणि असेच काही दिशानिर्देश आहेत जिथे तुम्हाला दिसेल की जर एक असेल तर ते जेव्हा तरंग आघाडीचे दोन छेदनबिंदू एक घन असते आणि दुसरी डॅश रेषा असते तेव्हा येथे घन रेषा डॅश रेषा घन रेषा डॅश रेषा असते

त्यामुळे अशा दिशा आहेत जेथे एकामुळे आलेला क्रेस्ट दुसऱ्या कुंडाशी आच्छादित होतो आणि तेथे आहेत दिशा ज्याच्या बाजूने एक छिद्र एक बिंदूमुळे क्रेस्ट दुसऱ्या बिंदूमुळे चिरडलेला आहे याचा अर्थ असा आहे की या दिशानिर्देश असाव्यात जेथे तेजस्वी प्रकाश येत असेल म्हणजे मॅक्सिमा आणि मॅक्सिमा एकरूप होतो आणि मिनिमा आणि मॅक्सिमा आणि मिनिमा योगायोग म्हणजे प्रकाश नसतो

त्यामुळे इथे जे अपेक्षित आहे ते इंटेन्सिटी व्हेरिएशन आहे जर आपण इथे स्क्रीन ठेवली तर थॉमस यंगने डबल होल दिला अठरा शून्य एक मध्ये प्रयोग प्रथम छताच्या छोट्या उघड्यावरील सूर्यप्रकाशासह आणि नंतर सोडियम प्रकाशासह आणि प्रकाशाच्या लहरी स्वरूपाचा प्रयोग तरुणांच्या प्रयोगाद्वारे प्रथमच खात्रीपूर्वक दर्शविला गेला आणि अर्थातच त्यानंतर त्याने 1802 मध्ये न्यूटनच्या वलयांचे स्पष्टीकरण देखील दिले. वेव्ह थिअरी आता मी थोडं समजावून सांगतो कारण हा तरुणाचा प्रयोग पहिल्यांदाच झाला होता जेव्हा त्याने छतावरून सूर्यप्रकाश येताना पाहिला होता

त्यामुळे हा सूर्यप्रकाश छतावरून येत होता म्हणून त्याने इथे एक छिद्र ठेवले त्याने एक प्लेट ठेवली ज्याला दोन छिद्रे होती. येथे लहान छिद्रे आहेत म्हणून दोन लहान हा छतावरील सूर्यप्रकाश आहे छतावरील सूर्यप्रकाश वरवर पाहता या घटनांचा क्रम आहे ज्यामुळे तरुणाच्या दुहेरी छिद्राचा प्रयोग झाला आणि नंतर तो एका अंधान्या खोलीत ठेवलेल्या स्क्रीनवर एका लहानशा खोलीतून सूर्यप्रकाश येताना पाहू शकला. छतामध्ये छिद्र आणि दोन लहान छिद्रे असलेली एक प्लेट आहे आणि त्याला येथे एक चमकदार झालर दिसत आहे जी येथे मध्यभागी एक तेजस्वी तीव्रता आहे आणि मग त्याला काही रंग दिसू शकले आणि मग मी येथे जे दाखवत आहे ते तीव्रतेचे भिन्नता आहे मी काही तीव्रतेच्या भिन्नतेचे प्लॉट करत आहे आम्ही याबद्दल अधिक तपशीलवार चर्चा करू त्यामुळे मी काय प्लॉट केले आहे ते स्क्रीनवर एक स्क्रीन आहे जी  $\text{lets}$  वर आहे. पुढ्याचे पत्र किंवा असे काहीतरी म्हणा की जर तुम्ही तीव्रतेचे प्लॉट

केले तर त्याला येथे मध्यभागी एक तेजस्वी तीव्रतेचे शिखर एक तेजस्वी शिखर दिसेल आणि नंतर त्याला येथे काही रंग दिसले आणि नंतर इथून खूप दूर एकसमान रोषणाई आहे हे आता चांगले समजले आहे. त्याने असे पाहिले आणि आपण पुढील व्याख्यानात पुढील वर्गात याबद्दल अधिक तपशीलवार चर्चा करू परंतु तरुणाने हे पाहिले आणि नंतर त्याने काय केले, हा पहिला क्रम आहे आणि नंतर त्याने काय केले ते म्हणजे त्याने एक आत्मा दिवा वापरला. येथे आत्मा दिवा आहे म्हणून एक ज्योत आहे जी स्पिरीट लॅम्बची ज्योत आहे आणि नंतर शिंपडली त्याने  $naCl$  म्हणजे मीठ  $naCl$  शिंपडले त्याने स्पिरीट दिव्याच्या ज्योतीवर  $naCl$  शिंपडले ज्याने ब्रीशी संबंधित चमकदार पिवळा रंग दिला  $ght$  पिवळा प्रकाश येथे सोडियमशी सुसंगत आहे आणि आता त्याने दोन लहान छिद्रांसह एक छिद्र दोन लहान छिद्रांच्या अगदी जवळ ठेवले आणि येथे स्क्रीनवर त्याला मोठ्या संख्येने तेजस्वी आणि गडद तीव्रता मॅक्सिमा आणि मिनिमास तीव्रतेची कमाल आणि मिनिमास दिसू शकते. सोडियमचा चमकदार पिवळा रंग म्हणून हा एक स्पिरीट दिवा आहे ज्यावर त्याने मीठ शिंपडले आणि नंतर त्याला तेजस्वी पिवळ्या प्रकाशामुळे दिसले की त्याला येथे चमकदार आणि गडद किनारे दिसू लागले जे येथे ठेवलेल्या स्क्रीनवर  $maximas$  आणि  $minimas$  आहेत म्हणून आम्ही हे करू पुढील व्याख्यानात अधिक तपशीलवार चर्चा करा हा एक खात्रीलायक पुरावा आहे की प्रकाश ही लहर आहे धन्यवाद

Prutor@iitk