আগের লেকচারে আমরা তরঙ্গ নিয়ে আমাদের আলোচনা শুরু করেছিলাম
এবং সেই তরঙ্গ সম্পর্কে আমি আপনাকে যা বলেছিলাম তা হল ব্যাঘাত যা
এক স্থান থেকে অন্য জায়গায় ভ্রমণ করে এবং বিশেষ করে যে তরঙ্গগুলিতে
আমরা মনোযোগ দিচ্ছি তা হল বিচ্ছুরণহীন তরঙ্গ এবং তা হল যদি আমি
একটি বিশেষ ডিস্টার্বেন্স এবং এটিকে একটি স্ট্রিং নিচে যেতে দিন বা কোথাও এটি
চলার সাথে সাথে এটির আকৃতি পরিবর্তন করে না এবং আমরা ফাংশনের ফর্মটি পেয়েছি
তাই যদি এটি একটি ফাংশন f হয় তাহলে একটি তরঙ্গের জন্য fxt
যেকোনো একটি x এর ফাংশন হিসাবে দেওয়া হয় বিয়োগ vt বা f অন্য কিছু ফাংশন f চলুন
এটাকে বলি f bar t মাইনাস x ওভার v এটি ডানদিকে ভ্রমণ করা তরঙ্গগুলির জন্য হবে
তাই অনানুষ্ঠানিক ভাষায় তরঙ্গ ভ্রমণ করছে
আমি এটিকে ডানদিকে বলছি কিন্তু আসলে তরঙ্গগুলি ইতিবাচকভাবে ভ্রমণ করছে x দিক এবং
ঋণাত্মক x দিকনির্দেশে ভ্রমণ করা তরঙ্গগুলির জন্য ঋণাত্মক x দিকের তরঙ্গের জন্য xt-এর এই ফাংশনটি
x প্লাস vt বা অন্য কিছু ফু এর কিছু ফাংশন হিসাবে দেওয়া হবে টি প্লাস x ওভার v এর কাজ
তাই এগুলি ভ্রমণকারী তরঙ্গ এই
মুহূর্তে এমনটা ঘটতে পারে যে নির্দিষ্ট জায়গায় যদি একটি তরঙ্গ একদিকে যায়
এবং অন্য তরঙ্গ থাকে যা অন্য দিকে আসছে বা আমি একটি ঝামেলা তৈরি করি এবং এটি অন্যের সাথে মিলিত হয় অন্য
কোথাও ব্যাঘাত
ঘটছে
তাই মনে করুন এমন একটি ঝামেলা আছে যা সাইনোসাইডাল
তাই এই ব্যাঘাতটি ভ্রমণ করছে
এবং সাইনোসয়েডাল ব্যাঘাত ঘটছে ভ্রমনে চূড়ান্ত স্থানচ্যুতিটি কেমন দেখায়
তাই আমরা যে প্রশ্নটি জিজ্ঞাসা করছি তা হল দুটি বা ততোধিক তরঙ্গ এলে কী ঘটে একই সাথে একটি জায়গা আমাকে ব্যাখ্যা
করতে দিন যে আমরা
কী ঘটতে চাইছি
তাই আমরা যা জিজ্ঞাসা করছি তা হল স্থানচ্যুতি কী যেটি আমরা স্ট্রিং বা চাপে দেখেছি যেমন আমরা চাপ তরঙ্গ বা শব্দ
তরঙ্গে দেখেছি যখন দুটি ভিন্ন তরঙ্গ একটি জায়গায় আসে একই সাথে
তাই আমরা যা উত্তর দিতে চাই তা
হল এবং সুপারপজিশন যা বলে তা তরঙ্গের সুপারপজিশন দ্বারা উত্তর দেওয়া হয় তাই
আমরা সুপারপজিশন সম্পর্কে কথা বলছি যা সুপারপজিশন বলে যে যদি একই সময়ে একটি বিন্দুতে দুই বা ততোধিক তরঙ্গ
আসে তার মানে একটি তরঙ্গ f একটি আগমন করে
সেখানে একটি তরঙ্গ f দুটি আগমন করে এবং
তাই নেট স্থানচ্যুতি বা চাপ এই দুটি তরঙ্গ যা
আমরা অধ্যয়ন করেছি আগে সেই বিন্দুতে পৃথক স্থানচ্যুতি বা চাপের যোগফল দিয়ে দেওয়া হয় আমি স্থানচ্যুতি শব্দটি
ব্যবহার করতে থাকব আমি বার বার
চাপ লিখতে চাই না
তাই
fxt বিন্দুতে নেট স্থানচ্যুতি হবে সমান f one xt প্লাস f দুই xt এবং
তাই যেকোন সময়ে
যখন আমি নেট ডিসপ্লেসমেন্ট দেখতে পাই তখন এটি হবে এই সমস্ত বিভিন্ন তরঙ্গের যোগফল
সেখানে আগত এখন এটি তরঙ্গের সন্তোষজনক রৈখিক ডিফারেনশিয়াল সমীকরণের জন্য খুবই বিশেষ আমি এটা বলছি যে
এটি সম্পূর্ণতার জন্য তরঙ্গ সন্তুষ্ট লিনিয়ার ডিফারেনশিয়াল সমীকরণ থেকে উদ্ভূত হয়
আমরা এই মুহূর্তে যে তরঙ্গগুলি বিবেচনা করছি সেগুলি মূলতঃ যেগুলি রৈখিক ডিফারেনশিয়াল সমীকরণগুলিকে সন্তুষ্ট করে
তাই আপনি এটিকে মেনে নিতে পারেন যে আমরা সুপারপজিশন নীতি ব্যবহার করতে যাচ্ছি e বর্ণনা করার জন্য
যখন দুটি বা ততোধিক তরঙ্গ একটি বিন্দুতে এসে পৌঁছায় তখন কী ঘটে
তাই সুপারপজিশনের নীতিটি
আমাকে নেট ডিসপ্লেসমেন্ট দেয় এবং সুপারপজিশনের নীতিটি বলে যে সেই বিন্দুতে নেট ডিসপ্লেসমেন্ট
হবে পৃথক ডিসপ্লেসমেন্ট ডিসপ্লেসমেন্ট বা পৃথক
চাপের সমষ্টি যেমন আমি যখন কথা বলছি এবং অন্য কেউও একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কথা বলছে
তখন চাপের পার্থক্য হবে এই দুটি চাপের পার্থক্যের মধ্যে কিছু
যদি আমার একটি স্ট্রিং চলে যায় এবং দুই ব্যক্তি যে কোনো সময়ে তার উপর দুটি ভিন্ন তরঙ্গ তৈরি
করে এর স্থানচ্যুতি স্ট্রিং দেওয়া হবে
এই দুই ব্যক্তির দ্বারা তরঙ্গ দ্বারা সৃষ্ট স্থানচ্যুতির যোগফল দ্বারা,
তাই আমাকে সংক্ষেপে বলা যাক আমি যা বলেছি তা হল সুপারপজিশনের
নীতি বলে কিছু আছে এবং আমি এখন গাণিতিকভাবে এটি বর্ণনা করব যে

Prof@IIT

একটি বিন্দুতে নিট স্থানচ্যুতি হবে সেই বিন্দুতে পৃথক তরঙ্গ দ্বারা প্রদত্ত পৃথক স্থানচ্যুতির সমষ্টি
এবং এখন আমি সাইনোসয়েডাল তরঙ্গের বিশেষীকরণ করতে যাচ্ছি
এবং আমি আপনাকে মনে করিয়ে দিচ্ছি যে এগুলো
কি এই তরঙ্গগুলিতে স্থানচ্যুতিকে দেওয়া হয়েছে kx বিয়োগ ওমেগা ti এর কিছু প্রশস্ততা সাইন
হিসাবে সমানভাবে এটিকে লিখবে ওমেগা টি বিয়োগ kx এর প্রশস্ততা সাইন বা
কিছু প্রশস্ততা কোসাইন kx মিনিট t এবং অন্য যেকোন তরঙ্গের
ধনাত্মক x দিক বা সাইন এর দিকে ভ্রমণ করার জন্য kx প্লাস ওমেগা টি তরঙ্গের জন্য ঋণাত্মক
x দিকনির্দেশে ভ্রমণ করে
তাই আমাকে এই তীরগুলি দ্বারা ইঙ্গিত করতে দিন এবং আমি আপনাকে মনে করিয়ে দিই যে k
হল vk এর উপর ওমেগা তরঙ্গের দুই পাই ওভার ল্যাম্বডাও গতি ফ্রিকোয়েন্সি বার দ্বারা দেওয়া হয়
ল্যাম্বডা এবং এই সমস্ত জিনিসগুলি আমরা আগে করেছি
তাই এখন সুপারপজিশনের কী নীতি বলে
তাহলে যে কোনও সময়ে বিভিন্ন সাইনোসাইডাল তরঙ্গ আসার কারণে নেট ডিসপ্লেসমেন্ট
হতে চলেছে প্রশস্ততা একটি সাইন এর kx বিয়োগ ওমেগা টি আসলে আমাকে এটাকে
k ওয়ান এবং ওমেগা ওয়ান টি প্লাস এ টু সাইন এর k টু x মাইনাস ওমেগা টু টি প্লাস এর একটি থ্রি সাইন করা
যেতে পারে এক্স তরঙ্গটি নেতিবাচক x দিক ওমেগা থ্রি
টি ডান দিকে ভ্রমণ করতে পারে এটি অন্য কোনো আকার হতে পারে b one কোসাইন এর k ফোর x প্লাস ওমেগা ফোর
টি এবং
তাই এই সমস্ত সম্ভাবনা বিদ্যমান যে নেট স্থানচ্যুতি একটি যোগফল হতে চলেছে এই সবের
মধ্যে সুপারপজিশন নীতির ফলাফল হল যে প্রতিফলনের সময় ঠিক কিছু ঘটে
এবং আমি আলোচনা করতে যাচ্ছি যে দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গ দুটি তরঙ্গ দ্বারা তৈরি
হয় যা বিপরীত দিকে ভ্রমণ করে এবং আমরা আলোচনা করতে যাচ্ছি
তাই পরবর্তী লেকচারগুলিতে এই সমস্ত ঘটনাগুলি
আমি স্পন্দন এবং হস্তক্ষেপ সম্পর্কে আলোচনা করতে যাচ্ছি যে এই সমস্ত ঘটনাগুলি
মূলত সুপারপজিশন নীতির ফলাফল
তাই আসুন আমরা সেগুলিকে একে একে নিয়ে
নিই,
তাই আমাকে প্রথমে সুপারপজিশন নীতির ফলাফল লিখতে দিন
যাতে আমরা একটি সীমানায় প্রতিফলন দেখতে যাচ্ছি তারপরে আমরা দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গগুলি দেখতে যাচ্ছি এবং পরে
আপনার 12 তম শ্রেণিতে আপনি
তরঙ্গের হস্তক্ষেপ অধ্যয়ন করতে যাচ্ছেন এটির অংশটি আমরা করতে
যাচ্ছি এখানে বীট ফেনোমেনা বলা হয়
তাই আসুন এই সমস্ত ঘটনাকে বর্ণনা করার জন্য একটি সীমারে তরঙ্গের প্রতিফলনকে একের পর এক নিয়ে নেওয়া যাক
গাণিতিকভাবে আমি আমার পয়েন্টগুলিকে সুবিধামত বেছে নিতে যাচ্ছি যাতে গণিত সহজ হয়ে যায়
তাই এই ক্ষেত্রে আমি যা করতে যাচ্ছি একটি তরঙ্গ হতে দেওয়া যাক যা ডানদিকে আসছে এবং x 0 সমান বিন্দুতে একটি
শক্ত প্রাচীর দ্বারা প্রতিফলিত হয়
ঠিক আছে এটি একটি দেয়ালে বাঁধা একটি স্ট্রিং হতে পারে বা এটি একটি পাইপ হতে পারে যা এই প্রান্তে খোলা থাকে
যাতে ডেল্টা p এখানে শূন্য হবে সেখানে এটি খোলা ধরে রাখতে পারে এবং কোনো চাপের পার্থক্য ধরে রাখতে পারে না
তাই এখানকার চাপটি বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হবে এবং এটি
আপনাকে ডেল্টা p দেয় শূন্যের সমান
তাই এই দুটি জিনিস যা একই এর অর্থ হল
একটি শক্ত দেয়ালে বাঁধা একটি স্ট্রিং এবং একটি খোলা প্রান্তের পাইপ যেখানে চাপের পার্থক্য এই
ক্ষেত্রে টিকবে না মনে করুন একটি তরঙ্গ আসছে
তাই আমাকে দেখাতে দিন যদিও আমি একটি সাইন ওয়েভ বিবেচনা করতে যাচ্ছি
আমাকে একটি স্থানচ্যুতি দেখাতে দিন এটির মধ্যে আসে এবং যে কোনও সীমারে এটি
প্রতিফলিত করে
তাই এটি এখানে প্রতিফলিত হতে চলেছে
তাই এটি একই আকারে প্রতিফলিত হয় বা নেতিবাচক
দিক থেকে এটি প্রকৃতপক্ষে নেতিবাচক দিকেই হবে যা আমি যাচ্ছি এখন দেখান যে কোনো
নির্দিষ্ট সময়ে এই বিন্দুতে স্থানচ্যুতি যেখানে স্ট্রিংটি বাঁধা হয়েছে
তাই যেখানে স্ট্রিংটি বাঁধা হয়েছে সেই বিন্দুতে স্থানচ্যুতি শূন্য
হবে এবং আমরা এটিকে দেখানোর জন্য ব্যবহার করব যে প্রতিফলনের সময় পালস আসলে চিহ্ন পরিবর্তন করে
আমরা এখন এটি করি
তাই আমি এখন বিবেচনা করছি একটি স্ট্রিংয়ের উপর একটি তরঙ্গের প্রতিফলন যেখানে স্ট্রিংটি ঠিক আছে

Pulak@IITK

তাই আমরা যে ঘটনাটি
বিবেচনা করছি তা হল একটি স্ট্রিং এবং এটি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে বাঁধা
আছে এবং একটি তরঙ্গ আসে
তাই x সমান শূন্যের সীমানায় আমি সুবিধামত এই বিন্দুটিকে x সমান শূন্য করার জন্য বেছে নিয়েছি আমাদের
নেট স্থানচ্যুতি শূন্যের সমান এবং নেট স্থানচ্যুতি আমি জানি বিশেষভাবে এখানে পৃথক স্থানচ্যুতির সমষ্টির সমান প্রতিফলিত
তরঙ্গের কারণে আগত তরঙ্গ এবং স্থানচ্যুতির কারণে স্থানচ্যুতি হতে চলেছে এবং আমি জানি বাম দিকে শূন্য
তাই আমার কাছে যা শূন্য আছে তা আগত তরঙ্গের কারণে স্থানচ্যুতির সমান এবং প্রতিফলিত তরঙ্গের কারণে স্থানচ্যুতি এবং
এটি হল একটি হার্ড বাউন্ডারিতে
যেখানে কোন স্থানচ্যুতি হতে পারে না এবং এটি অবিলম্বে আপনাকে বলে যে প্রতিফলিত তরঙ্গের স্থানচ্যুতি বিয়োগের সমান
এবং এটি আগত তরঙ্গের কারণে স্থানচ্যুতির বিপরীত
তাই তারা সর্বদা বিপরীতে থাকে তাই
কি হবে এই তরঙ্গটি আসে আমাকে দেখাই লাল রঙের ইনকামিং তরঙ্গ
আসে এটি দেয়ালের দিকে আসছে এবং যখন এটি প্রতিফলিত হবে
তখন স্থানচ্যুতির দিকটি পরিবর্তন হতে চলেছে
তাই প্রতিফলিত তরঙ্গটি বিপরীত দিকে যাচ্ছে
বিশেষ করে এখন একটি সাইন নেওয়া যাক তরঙ্গ মানে আমি এই স্ট্রিংটির দিকে তাকিয়ে আছি
যার উপর একটি সাইন ওয়েভ আসছে
তাই এই তরঙ্গটি আসছে এবং একই সাথে
যখন এটি দেয়ালে আঘাত করে তখন এটি প্রতিফলিত হয় কিভাবে দুটি স্থানচ্যুতি হয় ents
সম্পর্কিত
তাই ইনকামিং তরঙ্গ এখন স্থানচ্যুতি আমাকে লিখতে দিন yx
t কিছু প্রশস্ততা a sine of kx বিয়োগ ওমেগা t দ্বারা দেওয়া হচ্ছে
তাই এটি ইনকামিং এবং আমাকে y প্রতিফলিত xt লিখতে দিন কারণ b সাইন ফ্রিকোয়েন্সি পরিবর্তন
করতে পারে না k পরিবর্তন করতে পারে না ল্যাম্বডা
তাই পরিবর্তন করতে পারে না কারণ একই মাধ্যম কিন্তু এটি
sin kx প্লাস ওমেগা টি হতে চলেছে আমরা x এর সমান শূন্য দেখছি এবং
তাই x সমান শূন্যে y নেট
ওমেগা টি এর একটি বিয়োগ একটি সাইন প্লাস b সাইন ছাড়া আর কিছুই নয় এবং এটি শূন্য হওয়া উচিত
এটি আমাকে বলে যে b সমান a তাহলে আমাদের কাছে কী আছে আমাদের কাছে ইনকামিং তরঙ্গ সমান একটি সাইন
কেএক্স বিয়োগ
ওমেগা টি এবং প্রতিফলিত তরঙ্গ একটি সাইন কেএক্স প্লাস ওমেগা টি
নোটিশের সমান যে আমি লিখতে পারি x এ প্রতিফলিত তরঙ্গ ওমেগা
টি-এর সাইন হিসাবে শূন্যের সমান যা ওমেগা টি-এর বিয়োগ বিয়োগের সমান a s সাইন যা y এর বিয়োগ আসছে
তাই দুটি তরঙ্গ আসলে বিপরীতে
স্থানচ্যুতি একে অপরের বিপরীতে
তাই আমি লিখতে পারি y প্রতিফলিত ওমেগা সাইনের সমান t যা আমি
মাইনাস ওমেগা টি প্লাস পাই এর সাইন হিসাবেও লিখতে পারি কেন কারণ মাইনাস ওমেগা টি প্লাস পাই এর সাইন হতে চলেছে
মাইনাস ওমেগা টি এর সাইনের সাইন যা ওমেগা টি এর সাইনের সমান কিন্তু এর উদ্দেশ্য
এটিকে এই ফর্মে লিখতে হল যে y প্রতিফলিত হল বিয়োগ ওমেগা টি প্লাস পাই এর সাইনের সমান
এই বিয়োগ ওমেগা টি আসলে ইনকামিং তরঙ্গের ফেজ দেখায়
তাই প্রতিফলিত তরঙ্গের স্থানচ্যুতি দেখানোর
জন্য আমাদের পাই এর একটি ফেজ যোগ করতে হবে
তাই আমি লিখি যে প্রতিফলিত তরঙ্গ পেতে আমরা ইনকামিং ওয়েভের ফেজে পাই-এর একটি ফেজ যোগ করি এবং এটি
শুধুমাত্র তখনই যখন
প্রতিফলন একটি শক্ত প্রাচীর থেকে হয়
তাই সেখানে একটি ফেজ পার্থক্য রয়েছে
ঠিক সেখানে একটি ফেজ পার্থক্য বোঝায় যে সেখানে ইনকামিং এবং প্রতিফলিত তরঙ্গের পর্যায়গুলির মধ্যে পাই-এর একটি
ফেজ পার্থক্য
যখন প্রতিফলন একটি শক্ত প্রাচীর থেকে হয় চলুন আমরা এটি চিত্রগতভাবে দেখি
, তাহলে এখানে যা ঘটছে তা হল প্রাচীর এবং যে কোনো সময়ে
আমরা বলি যে আগত তরঙ্গটি এইরকম এই সময় প্রতিফলিত
তরঙ্গ
তাই এই ইনকামিং তরঙ্গ হল কিছু নির্দিষ্ট সময়ে kx বিয়োগ ওমেগা টি এর সাইন t প্রতিফলিত তরঙ্গ বিপরীত হয়
তাই লালটি এটি প্রতিফলিত উপায় যা একই সময়ে kx প্লাস ওমেগা টি এর সাইন তাই

কি ঘটছে যখন একটু পরে যখন ইনকামিং তরঙ্গ সামনের দিকে অগ্রসর হয়
তাই ধরা যাক এটি এমন হয়ে গেছে এটি এগিয়ে গেছে যাতে এই
সর্বোচ্চ কিছু পরিমাণে অগ্রসর হয় একই সময়ে
প্রতিফলনের কারণে যে তরঙ্গটি আসছে তাও সামনের দিকে এগিয়ে যাবে কিন্তু অন্য দিকে তাই
এটি এভাবে করা হবে যাতে এই দুটি স্থানচ্যুতি
ঠিক বিপরীতে থাকে আপনি দেখতে পাচ্ছেন যে এখানে স্থানচ্যুতি যা আছে একই স্থানচ্যুতি
এখানে
তাই যখন এই লোকটি এইভাবে চলে এবং এই লোকটি এইভাবে চলে
যায় তখন x সমান শূন্যে স্থানচ্যুতি শূন্য থাকে এবং এভাবেই নিট স্থানচ্যুতি বজায়
রাখা হয় বিন্দুতে শূন্য x সমান শূন্য
তাই এটি প্রতিফলন সম্পর্কে এখন এটির
ফলাফল রয়েছে এটি এমন পরিণতি যা সীমানায় প্রতিফলন প্রতিফলন তৈরি করে টেড তরঙ্গ এবং আমরা এখন যা দেখেছি
তা
হল শুধুমাত্র সেই বিন্দুতে স্থানচ্যুতি যেখানে প্রতিফলন
ঘটছে আমরা যা জানতে চাই তা হল অন্যান্য বিন্দুতে স্থানচ্যুতির কী ঘটে এবং আমরা যা দেখব তা হল ইনকামিং
এর সুপারপজিশনের জন্ম দেয় এবং প্রতিফলিত তরঙ্গ দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গের জন্ম দেয় আমি দাঁড়ানো তরঙ্গ বলতে কী
বোঝাতে চাই
এই তরঙ্গগুলি ভ্রমণ করছে না তারা ঠিক সেখানে দাঁড়িয়ে
আছে কিন্তু আমরা এটি করার আগে আমি আপনাকে প্রতিফলন সম্পর্কে একটি প্রশ্ন রেখে যেতে চাই
আমি প্রতিফলন সম্পর্কে কথা বলেছি এমন একটি সীমারে যেখানে চাপের পার্থক্য বা
স্থানচ্যুতি শূন্য হয় আমি চাই যে আপনি ভাবুন এমন একটি বিন্দুতে কী ঘটবে যেখানে স্থানচ্যুতি
শূন্য নয় উদাহরণস্বরূপ আমি এখানে একটি স্ট্রিং একটি রিংয়ের সাথে বাঁধতে পারি এবং এই দিকে আরেকটি স্ট্রিং বাঁধতে
পারি
সেক্ষেত্রে একটি তরঙ্গ যেটির মধ্যে আসছে তা এই রিংটিকেও উপরে এবং নিচে যেতে বাধ্য করবে এবং
তাই এটি এখানেও একটি তরঙ্গ তৈরি করবে
এবং একটি তরঙ্গ প্রতিফলিত হবে যা এই ক্ষেত্রে কী হবে e এখানে স্থানচ্যুতি এবং তরঙ্গের অনুপাত কী হবে যা প্রতিফলিত
তরঙ্গের
প্রশস্ততা প্রতিফলিত হয় প্রেরিত তরঙ্গের প্রশস্ততা কী হবে
এটি এমন একটি বিষয় যা আপনি উন্নত শ্রেণীতে শিখবেন কিন্তু আপাতত গুণগতভাবে
আপনার চিন্তা করা উচিত যেখানে এই রিংটি আছে সেখানে কি সব ঘটতে পারে তাই
আমি যেটার কথা বলছি তা হল সীমারে নেট ডিসপ্লেসমেন্ট চাপ তরঙ্গের পরিপ্রেক্ষিতে শূন্যের সমান
নয় এর মানে হল বদ্বীপ পি সীমার চাপের পার্থক্য শূন্যের সমান নয় যেটি ঘটবে
উদাহরণ স্বরূপ যদি আমার কাছে একটি পাইপ থাকে এবং এখানে একদিকে একটি শক্ত প্রাচীর থাকে, চাপের পার্থক্য যাই
হোক না কেন
আসলে কিছুই ঘটে না
তাই ডেল্টা p এখানে শূন্য হতে হবে না অন্য
দিকে যে দিকে পাইপ খোলা ব-দ্বীপ p শূন্য,
তাই আমি আপনাকে এই বিষয়ে ভাবতে দিই এবং
এখন আমরা দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গ নিয়ে আলোচনা করব যাতে দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গ বোঝার জন্য
চলুন একটি তরঙ্গ চলমান বিবেচনা করি ধনাত্মক x দিকনির্দেশে এবং এটি
হবে প্রশস্ততা গুণ sine kx বিয়োগ ওমেগা t এবং এটিকে একই প্রশস্ততার একটি তরঙ্গ দিয়ে সুপারপোজ করুন যাতে
একটি সাইন
kx প্লাস ওমেগা টি নেতিবাচক x দিকে ভ্রমণ করে তাই
আমাদের কাছে যা আছে তা হল আমাদের একটি তরঙ্গ রয়েছে যা হল ডানদিকে ভ্রমন করছি এবং আমি
এটিকে অন্য তরঙ্গ দিয়ে সুপারপোজ করছি যেটি বাম দিকে ভ্রমন করছে এবং আসুন দেখি
নেট ফলাফল কী মনে রাখবেন যে দুটি তরঙ্গের প্রশস্ততা একই তাই
যেকোনো নির্দিষ্ট বিন্দুতে নেট ফলাফল yxt হয় kx বিয়োগ ওমেগা টি প্লাস একটি সাইন অফ
kx প্লাস ওমেগা টি এর সাইন হবে এবং আমি এটিকে প্রসারিত করতে পারি এবং এটিকে ওমেগা টি বিয়োগের সাইন কেএক্স
কোসাইন হিসাবে লিখতে পারি
t
প্লাস a cosine of kx sine of omega t এবং আমি এগুলি যোগ করলে আমি y
xt পাব যা ওমেগা টি-এর 2 a sine kx কোসাইন ফর্মের কারণ দ্বিতীয়
মেয়াদ এখন বাতিল হয়ে গেছে এটি ফর্মের নয় এটি ফর্মের নয় x বিয়োগ vt এর f অথবা x যোগ v
t এর f

তাই x এবং t c নয় এই আকারে oming x বিয়োগ vt
বা x প্লাস vt বা t বিয়োগ x ওভার v বা t প্লাস x ওভার v এর সংমিশ্রণে কিন্তু সেগুলিকে আলাদা করা হয়েছে
তাই এটি কি প্রতিনিধিত্ব করে এটি একটি ভ্রমণ তরঙ্গকে প্রতিনিধিত্ব করে না বরং এটি একটি স্থায়ী তরঙ্গকে প্রতিনিধিত্ব করে
তাই আপনি বোঝেন আমরা দাঁড়ানো তরঙ্গ বলতে কী বোঝায়
এটি একটি তরঙ্গ যা বিপরীত দিকে যাচ্ছে সমান প্রশস্ততার দুটি তরঙ্গের সুপারপজিশন
যাতে নেট ফলাফল হয় যে কোনো কিছুই ভ্রমণ করছে না কারণ এটি ভ্রমণ করলে এটি
x এর একটি ফাংশন আকারে থাকত বিয়োগ vt বা x প্লাস vt বা t প্লাস x ওভার v বা t বিয়োগ
x ওভার v এর সেই ফর্ম নেই তবুও একটি স্থানচ্যুতি আছে যা
সময় এবং x এর একটি ফাংশন এবং
তাই আমরা একে স্ট্যান্ডিং ওয়েভ বলি আসুন একটি ছবি তৈরি করি এর এবং দেখুন এর
মানে কি
তাই আমার কাছে yxt ফর্মটি ওমেগা টি এর kx কোসাইন এর 2 একটি সাইন এর সমান আছে আমি এটাকে ওমেগা টি এর kx কোসাইন এর
একটি মাত্র আরেকটি ধ্রুবক b সাইন বলি
তাই আমি যদি
এটি দেখি তাহলে এটি কি যে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে স্থানচ্যুতি i x এর sa ফাংশন
তাই স্থানচ্যুতিটি এমন হয় যে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে
এটি বাম এবং ডানদিকে যেতে পারে
তাই এটি k kx এর b সাইন কারণ
সময় পরিবর্তন প্রতিটি বিন্দু ফ্রিকোয়েন্সি ওমেগা সহ একটি সহজ হারমোনিক গতি সঞ্চালন করে
এবং সময় নির্ভরতা দেওয়া হয় ওমেগা টি এর কোসাইন হিসাবে
তাই এই বিন্দুটি যেমন লাল তীর দ্বারা দেখানো একটি
ফ্রিকোয়েন্সি ওমেগা সঙ্গে উপরে এবং নিচে যাবে সবুজ দ্বারা দেখানো বিন্দুটি
উপরে এবং নিচে যাবে ফ্রিকোয়েন্সি একই ফ্রিকোয়েন্সি ওমেগা সঙ্গে এটিরও একটি সময়
নির্ভরতা থাকবে cosine omega t
তাই সময়ের সাথে সাথে আপনি যা দেখতে পাবেন তা হল এই ধরুন
আমি শুধু মাঝখানে এই সেগমেন্টে ফোকাস করতে চাই যে আপনি যা দেখতে যাচ্ছেন তা হল এই পুরো
জিনিসটি সামনে পিছনে দোলাচ্ছে এবং এটিকে ভ্রমণের তরঙ্গের সাথে তুলনা করুন যেখানে আপনি কি সময়ের সাথে সাথে দেখা যেত এমন
একটি স্থানচ্যুতি দেওয়া হয়েছে যেমন সময় অগ্রগতির সাথে সাথে এটি স্থানান্তরিত হয়েছে এটি স্থানান্তরিত হয়েছে v ডেল্টা টি সময়ে ব-দ্বীপ
টি যা উপরে দেখানো তরঙ্গে ঘটছে না এই সর্বোচ্চ বিন্দুটি
যা ঘটছে তার সবগুলিকে স্থানান্তরিত করছে না এটি ঠিক সেই অবস্থানে সামনে পিছনে দোলাচ্ছে যেন
প্রতিটি বিন্দুতে অনেকগুলি সরল হারমোনিক অসিলেটর রয়েছে kx এর সাইন হিসাবে
তাই এটি দাঁড়ানো তরঙ্গ হিসাবে পরিচিত এবং এটি বিপরীত দিকে ভ্রমণকারী দুটি তরঙ্গের একটি সুপারপজিশন
তাই মনে হয় যেন প্রতিটি বিন্দু এই প্রশস্ততার সাথে দোদুল্যমান হয়
b ax এর সাইন দ্বারা প্রদত্ত
তাই আপনি বইগুলিতে কী দেখতে পাবেন যখন তারা একটি দাঁড়ানো তরঙ্গ দেখায় তখন
এটি সাধারণত এইভাবে দেখানো হয় এবং আপনি এইরকম একটি ছবিও দেখতে পান এর
অর্থ হল এটি প্রতিটি বিন্দু
ফ্রিকোয়েন্সি ওমেগা সহ বারবার এগিয়ে যাচ্ছে সময়ের ফাংশন হিসাবে নেট ডিসপ্লেসমেন্ট দেখাচ্ছে সুতরাং এটি প্রতিনিধিত্ব করছে
স্থানচ্যুতি yxt ওমেগা টি-এর kx কোসাইনের কিছু প্রশস্ততা b সাইনের সমান, আমরাও
সাইনোসয়েডাল অন্যান্য রূপ নিতে পারতাম এবং সেগুলিকে কিছু কো হিসাবে লিখতে পারতাম
ওমেগা t এর kx কোসাইন বা ওমেগা T এর kx কোসাইন এর কিছু অন্যান্য ধ্রুবক d সাইন
সব নির্ভর করে আমরা কোন ফেজটি বেছে নিচ্ছি t সমান 0 সময়ে আমরা কোন স্থানচ্যুতিটি
বেছে নিচ্ছি কিন্তু এটি দোদুল্যমান অবস্থায় এটি দেখতে কেমন দেখাচ্ছে এমন একটি সময় হতে চলেছে
যখন এই সম্পূর্ণ স্ট্রিংটি সমতল হতে চলেছে কিন্তু সেই সময়ে সমস্ত বিন্দু নিচের দিকে সরে যাবে বা উপরে চলে যাবে
তাই এটি সামনে পিছনে দোলাচ্ছে এবং এটি এখন একটি স্থায়ী তরঙ্গ
যা আমরা বিবেচনা করব তা ভিন্ন এই সব কিছুর মধ্যে দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গের উদাহরণ যদি না কিছু নির্দিষ্ট স্থানচ্যুতির প্রয়োজন হয় তবে
আমি অনুমান করতে যাচ্ছি যে আমার স্থানচ্যুতি yxt আকারে হতে চলেছে
a বা b আমাকে আবার লিখতে দিন একটি সাইন অফ ওমেগা ti এর kx কোসাইন নিতে পারে
যেখানে আমি তার উপর নির্ভর করে আমার নিজের সুবিধা অনুযায়ী আমার x অন্য কোনো ফর্ম বেছে নিই কিন্তু তাতে কিছু

যায় আসে না তাই
আমি উদাহরণ স্বরূপ ওমেগা টি-এর kx sine বা অন্য কোনো সংমিশ্রণের একটি কোসাইনও বেছে নিতে পারি কিন্তু এটিই সাধারণ রূপ
তাই আসুন
আমরা ফারটি নিই st উদাহরণ একটি স্ট্রিংয়ের উপর দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গ হিসাবে আমি যা বোঝাতে চাচ্ছি তা হল
আমার একটি স্ট্রিং আছে যা এক প্রান্তে বাঁধা আছে আমি হয় এটিকে অন্য প্রান্তে বেঁধে দিতে পারি এবং
এতে কিছুটা উত্তেজনা আছে বা আমি স্ট্রিংটি একটিতে বাঁধা থাকতে পারে শেষ এবং
অন্য প্রান্তটি উপরে এবং নীচে সরানো হচ্ছে
তাই আসুন বলি এই বিন্দুটি x শূন্যের সমান
তাই কি হবে যখন আমি একটি
তরঙ্গ তৈরি করি এই ধরুন আমি একটি পালস তৈরি করি এইভাবে সরে যাচ্ছে এবং তারপরে নেট স্থানচ্যুতি পিছনে সরানো হবে
এই দুটির মধ্যে কিছু প্রতিফলিত হবে এবং
একটি ইনকামিং পালস x শূন্যের সমান আউটগোয়িং এবং
সুপারপজিশন আমাকে একটি স্থায়ী তরঙ্গ দেবে এবং উভয় বিন্দুতে নেট ডিসপ্লেসমেন্ট
শূন্য হতে চলেছে
তাই যেমন আমি বলেছিলাম আগে দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গগুলি সাধারণত এইভাবে
দেখানো হয় এবং এই ক্ষেত্রে যা ঘটছে প্রতিটি বিন্দু দোদুল্যমান হতে চলেছে
সাইন কেএক্স দ্বারা প্রদত্ত এই প্রশস্ততায় সামনে পিছনে ঘুরছি এবং অন্য দিকে যদি
আমি এই স্ট্রিংটিকে এক প্রান্তে বেঁধে রাখি এবং অন্য দিকে কম্পিত হয় তবে আমার
এই বিন্দুতে একটি শূন্য নেট স্থানচ্যুতি হবে এবং সবচেয়ে বড় সম্ভাব্য স্থানচ্যুতি হবে খোলা প্রান্ত এটি উপরে এবং নীচে চলে যাচ্ছে এবং
এই সমস্ত বিন্দুগুলি একই প্রশস্ততা দ্বারা উপরে এবং নীচে চলে যাচ্ছে তাই
এই দুটি ভিন্ন ধরনের স্থায়ী তরঙ্গ একটি স্ট্রিং সঙ্গে উভয় প্রান্তে বাঁধা
এবং অন্যটি সঙ্গে স্ট্রিং এক প্রান্তে বাঁধা আছে এবং অন্য প্রান্তে চলার জন্য বিনামূল্যে আমি
এই বিন্দুগুলিকে x সমান শূন্যতে নিচ্ছি
তাই আসুন আমরা এইগুলিকে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করি
এবং তারপরে শারীরিকভাবে এর অর্থ কী তাও দেখি
তাই গাণিতিকভাবে আমি
প্রথমে স্ট্রিং বাঁধার ক্ষেত্রে নেব
এই ক্ষেত্রে উভয় প্রান্তে যেমন আমি আগেই বলেছি যে
স্থানচ্যুতি yxtটি ওমেগা ti-এর একটি সাইন কেএক্স কোসাইন দ্বারা দেওয়া
হচ্ছে এই স্ট্রিংটির বাম হাত এবং বাম হাতের প্রান্তটি x সমান শূন্য এবং ডান
হাতটি হতে হবে x eq uals l মানে স্ট্রিংটির দৈর্ঘ্য l এর সমান
তাই যখন আমি এই স্থানচ্যুতিটি নিই yx
t sine kx cosine of omega t এর x সমান শূন্য y হল শূন্য যা
এই ক্ষেত্রে হওয়া উচিত কারণ এখন আমি যা চাই তা আমাদের কাছেও আছে যে কোনো সময়ে x এর সমান l-এ yও
শূন্য হওয়া উচিত কেন কারণ এই স্ট্রিংটি সেই বিন্দুতে বাঁধা আছে এবং
তাই আমার
কাছে l এ ওমেগা টি-এর kx কোসাইন এর সাইন থাকা উচিত যা ওমেগা টি সমান এর kl কোসাইন এর সাইনের সমান
দুই প্রান্তে বাঁধা স্ট্রিংয়ের জন্য শূন্য
তাই আমাদের কাছে যা আছে এই স্ট্রিংটির জন্য যা
উভয় প্রান্তে বাঁধা আছে আমার কাছে yxt আছে ওমেগা টি-এর একটি সাইন kx কোসাইন এবং আমার কাছে ওমেগা টি-এর একটি সাইন
kl কোসাইন আছে ওমেগা টি-এর শূন্য ah কোসাইন সমান t সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়
তাই এটি
শূন্য হতে পারে না a হল প্রশস্ততা
তাই একমাত্র পদ যা এটিকে শূন্য করতে পারে তা হল সাইন kl
অবশ্যই শূন্য হতে হবে এবং এটি বোঝায় যে kl কিছু পূর্ণসংখ্যা n গুণ pi এর সমান এবং তাই
এই ক্ষেত্রে আমি যাচ্ছি kl এর সমান n pi বা k সমান n pi এর উপর l এখন k আমরা আগেই বলেছি er
হল তরঙ্গের গতির উপর ওমেগা এবং এটি l এর উপর n pi এর সমান হওয়া উচিত
তাই ওমেগা হল দোলনের কম্পাঙ্কের দুই পাই গুণ
এবং
তাই i l এর উপর l pi কম্পাঙ্কের দুই পাই কম্পাঙ্ক আছে v এর

উপরে n pi এর সমান l pi উভয় থেকে বাতিল সাইড এবং আমি যে ফ্রিকোয়েন্সি পাব তখন
nu হবে সমান হবে n গুন v দুই l এর বেশি
তাই লক্ষ্য করুন যে সমস্ত ফ্রিকোয়েন্সি অনুমোদিত নয় স্ট্রিং শুধুমাত্র নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে কম্পন করতে পারে
এবং আমি তাদের nu n বলতে যাচ্ছি এবং তারা যাচ্ছে দুই l এর উপর v এর গুণিতক হতে হবে
তাই mu n আমরা দেখতে পেয়েছি nv এর সমান
দুই l এবং v এই ক্ষেত্রে প্রতি ইউনিট দৈর্ঘ্যের উপর ভরের টেনশনের বর্গমূল হয়
তাই যে ফ্রিকোয়েন্সিগুলিতে স্ট্রিংটি এন হিসাবে কম্পিত হতে পারে টি ওভার mu এর দুই l বর্গমূলের উপর
ভিত্তি করে এটি এই সত্যটির উপর ভিত্তি করে যে সাইন kl সমান শূন্য এর সমান এবং
তাই k সমান দুই পাই ওভার
ল্যাম্বডা সমান n pi বা ল্যাম্বডা গুণ l ল্যাম্বডা সমান 2 l ওভার n লেট আমরা
এটি শারীরিকভাবে বুঝতে পারি যে স্ট্রিংয়ের জন্য এর অর্থ কী দুটি প্রান্তের মধ্যে বাঁধা যেহেতু শেষ
বিন্দুগুলি শূন্য স্থানচ্যুতিতে রয়েছে একমাত্র উপায় যা একটি প্রদত্ত ফ্রিকোয়েন্সির জন্য ঘটতে পারে তরঙ্গটি এরকম হয়
বা এটি দুটি লুপ তৈরি করে বা এটি তিনটি লুপ তৈরি করে এবং এই অর্ধেক লুপের প্রত্যেকটি
ল্যাম্বডা বাই দুটি ছাড়া কিছুই নয়
তাই আমার যা থাকা উচিত তা হল ল্যাম্বডা বাই দুই গুণ n যেখানে n একটি পূর্ণসংখ্যা এবং
এক হতে পারে দুই বা তিনটি l এর সমান হওয়া উচিত যা বোঝায় যে ল্যাম্বডা দুই লি ওভারের সমান
তাই আমরা গাণিতিকভাবে দেখেছি যে এখন রাখা দুই প্রান্ত একই k আকারে হওয়া উচিত
k এর সমান n pi এবং শারীরিকভাবে এর অর্থ হল যে আমি
এই দৈর্ঘ্যের মাধ্যমে শুধুমাত্র অর্ধেক তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পূর্ণসংখ্যা থাকতে পারি এবং এটি এই স্ট্রিংটির ফ্রিকোয়েন্সি নির্ধারণ করে
যাতে
এটি অন্য কোনো ফ্রিকোয়েন্সিতে কম্পিত হতে পারে না কিন্তু কিছু নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সি এখন এই বিন্দুগুলি
যা সর্বদা শূন্য স্থানচ্যুতিতে থাকে সেগুলিকে নোড হিসাবে পরিচিত করা হয় তাই
এই স্ট্রিংটির জন্য যা নির্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে কম্পিত হয় এবং উভয় প্রান্ত বেঁধে দেয়
আমাকে একটি সাধারণ স্থায়ী তরঙ্গ তৈরি করতে দিন nts যেগুলি সর্বদা শূন্য
স্থানচ্যুতিতে থাকে যেগুলিকে আমি এই বড় বিন্দুগুলিতে রাখছি সেগুলোকে নোড হিসাবে পরিচিত যে বিন্দুগুলি সর্বাধিক
স্থানচ্যুতিতে থাকে
সর্বাধিক প্রশস্ততা নোডগুলির মধ্যে অ্যান্টিনোড দূরত্ব হিসাবে পরিচিত দুটি অ্যান্টিনোডের মধ্যে দুটি দূরত্ব ল্যাম্বডা দ্বারা
সমান যার মানে
সংলগ্ন ঘনত্বের নোডগুলিও দুই দ্বারা ল্যাম্বডা এবং আমরা দেখেছি যে যে ফ্রিকোয়েন্সিতে
এটি কম্পন করে তা হবে n দুই l বর্গমূলের t এর উপরে mu এর অন্য উদাহরণটি আমি
এখন নিতে যাচ্ছি ধরুন আমি একই স্ট্রিং টাই নিই এটি একপাশে এবং অন্য
দিকে আমি এটিকে একটি কম্পনকারী দিয়ে সংযুক্ত করি অসিলেটর হতে পারে আমি
আমার হাত দিয়ে কম্পিত হতে পারি এবং সেক্ষেত্রে স্ট্যান্ডিং ওয়েভ
যা শূন্যে সাইন কেএক্স কোসাইন ওমেগা টাইক্সটি আকারের তখনও শূন্য হবে কিন্তু আমি
এখন যা পেতে চাই তা হল y-এ x সমান l এবং t যা ওমেগা টি-এর একটি সাইন kl কোসাইন x সমান l-এ সর্বাধিক
স্থানচ্যুতি হবে এবং তার মানে kl
হবে দুই n যোগ এক গুণ pi দ্বারা দুই এবং k হচ্ছে ল্যাম্বডার উপর দুই পাই সমান হওয়া উচিত দুই এন
প্লাস এক পাই ওভার দুই লি ক্যানসেল পাই উভয় পাশে এবং পান ল্যাম্বডা সমান চার l ওভার দুই n প্লাস ওয়ান এই ক্ষেত্রে
ল্যাম্বডা একটু
ভিন্ন এবং ফ্রিকোয়েন্সি nu n যা ল্যাম্বডা i এর উপর v হয় আমি ডেরিভেশন
করছি এবার একটু ভিন্নভাবে শুধু আপনাকে বিভিন্ন ধারনা দেবার জন্য সমান চার l ভাগ করে
দুই n প্লাস ওয়ান যা v হবে চার l গুন দুই n প্লাস ওয়ান তাই
এবার প্রকৃতিটি একটু ভিন্ন এবং আমি আবার করতে পারি এটিকে n প্লাস
a half v হিসেবে লিখুন দুই l এর উপরে
তাই এই ক্ষেত্রে ফ্রিকোয়েন্সিগুলি কিছুটা আলাদা
কারণ একটি প্রান্ত খোলা এবং একটি নয় এবং আবার আমার কাছে একটি শারীরিক ব্যাখ্যা আছে
যে এই ক্ষেত্রে তরঙ্গগুলি এমন আকারের হবে যেখানে খোলা প্রান্তে সর্বোচ্চ
স্থানচ্যুতি আছে
তাই আমি ল্যাম্বডা বাই 2 ল্যাম্বডা পাব
l এবং তার সমান হও অবিলম্বে আমাকে ল্যাম্বডা সমান দেয়
চার l ওভার দুই n প্লাস ওয়ান যাতে এটি একটি ভৌত ব্যাখ্যা গাণিতিকভাবে আমরা শুধু
লিখতে পারি kl কি হওয়া উচিত এবং আমাদের উত্তর পেতে পারি
তাই আমি এই বক্তৃতাটি এখনই শেষ করব পরবর্তী লেকচারে
আমরা যা করেছি তা সংক্ষিপ্ত করে আমি

আহ্ খোলা পাইপ এবং অর্গান পাইপ এবং তাদের মধ্যে বায়ু কলামের দোলন এবং বীট এবং
ডপলার ঘটনা বিবেচনা করতে যাচ্ছি,
তাই আমি সুপার পজিশনের নীতি সম্পর্কে যা শিখেছি তা সংক্ষিপ্ত করে এই বক্তৃতাটি শেষ করি যা বলে
যে যে কোনো সময়ে স্থানচ্যুতি সেখানে আসা স্বতন্ত্র তরঙ্গের কারণে স্থানচ্যুতির যোগফল হল
তখন আমরা একটি সীমানা থেকে একটি তরঙ্গের প্রতিফলন সম্পর্কে শিখেছি বিশেষ করে আমরা শিখেছি
যে আগত এবং প্রতিফলিত তরঙ্গের পর্যায়গুলির মধ্যে পাই-এর একটি ফেজ পার্থক্য রয়েছে যখন সীমানা শক্ত হয় যার মানে
নেই সীমানায় স্থানচ্যুতি এবং পরিশেষে আমরা দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গ সম্পর্কে শিখেছি যেগুলি
বিভিন্ন প্রশস্ততা দোলক সহ সরল হারমোনিক অসিলেটরের মতো প্রতিটি পয়েন্টে
একই কম্পাঙ্কের সাথে এবং আমরা একটি স্ট্রিং এর উপর দাঁড়িয়ে থাকা তরঙ্গ সম্পর্কে শিখেছি এবং
স্ট্রিংটি গাণিতিকভাবে কম্পন করতে পারে এমন ফ্রিকোয়েন্সিটি পেয়েছি এবং
এটিকে শারীরিকভাবেও দেখেছি এর মানে আপনি কি

Prutor@IITK