

راهنمای آموزشی فزیک صنف دوازدهم (دور سوم)

اهداف آموزشی:

1_ دانش آموزان با مفاهیم اساسی موضوعات (فریکونسی، پریود، انعکاس موج میخانیکی

، انکسار یا شکست موج میخانیکی، تداخل، تابع انتشار موج، تداخل موجها، امواج صوتی

صدا و مشخصات آن، تولید نمودن امواج صوتی

، سرعت صوت، سرعت صوت در هوا) آشنایی کامل دریافت کند.

2_ دانش آموزان با موارد استفاده از موج و صوت آگاهی کامل کسب نمایند.

3_ دانش آموزان باید با اهمیت موضوعات مطرح شده آشنا شوند و بتوانند در زندگی روزمره شان تطبیق نمایند.

بخش اول: موج چیست و چند قسم است؟

هر حرکتی که ذرات اهتزازی، انرژی حرکتی خویش را به صورت دوامدار به ذره مجاور داده و آن را به نوسان در آورد، این حرکت را بنام حرکت موجی یاد می کند. این عملیه در محیط متجانس و استقامت مقابل ادامه پیدا می کند،



(شکل 1)

تازمانی که با تصادم به یک مانع، انرژی خود را از دست داده و در محیط جذب شود، هر موج خصوصیات مشخص دارد و آن عبارت از طول موج، فریکونسی، دامنه اهتزاز ذرات و سرعت می باشد. امواج از نظر خصوصیات فزیک به دو بخش تقسیم شده است.

1. امواج میخانیکی

این نوع امواج برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند، موج های آب، موج های صوتی و موج های زلزله نمونه ای از موج های میخانیکی هستند.

2. امواج الکترومقناطیسی

این نوع موجها علاوه در محیط های مادی در محیط های غیرمادی (خلا) نیز منتشر می شوند، به صورت نمونه موج های نوری ستارهها در فضا از خلا عبور می کنند تا به ما برسد.

یک تعداد مشخصات معین فزیک است که در هر دو نوع امواج موجود است، نمونه آن موج در محیط متجانس به خط مستقیم منتشر می گردد. هر موج، طول موج فریکونسی و پریود مشخص دارد. هر موج سرعت انتشار خاصی دارد که به کثافت محیط انتشار مرتبط می باشد. این که موجودات زنده می شنوند و می بینند، که پروسه ها و میکانیزم شنیدن صداها و زلزله بر می خیزند و دیگر پدیده های طبیعی، شکل های از امواج اند. به همین سبب ساینس دانان از قانون مندی های طبیعت در تخنیک استفاده نموده آنرا به خدمت انسانها استعمال می نمایند.

امواج میخانیکی (Mechanical Waves) :

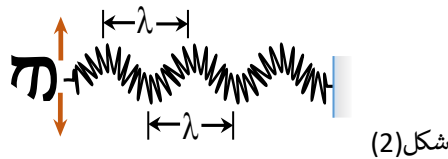
اگر در یک قسمت یک محیط متجانس اختلال وارد شود، پس در مالیکولها یا ذرات این محیط قوه های کشش به وجود می آید و این قوهها بدون این که موقعیت قسمت های محیط را تغییر بدهد، به ساختارهای مادی مجاور خود انرژی می دهند و در نتیجه موج در محیط منتشر می گردد، در طبیعت امواج میخانیکی در دندها، روی آب های ایستاده به وضاحت معلوم می شود.

در یک محیط متجانس سرعت موج میخانیکی در رابطه $x = vt$ صدق می کند، می بینید که در این رابطه فاصله انتشار طول موج تابع وقت به شکل خطی می باشد. پس جهت انتشار، یک شکل خطی را دارد. چگونگی انتشار امواج میخانیکی به کثافت و خصوصیات فزیک محیط ارتباط دارد. اگر اختلال محیط به شدت انجام گردد، امواج به وجود آمده هم بسیار بلند و عمیق می باشد. موضعی که اختلال در آن به وجود می آید، منبع انتشار موج نامیده می شود.

امواج میخانیکی در رابطه با جهت انتشار و چگونگی اهتزاز اجزای محیط به سه بخش تقسیم گردیده است که امواج طولی، امواج عرضی و موج های ایستاده نامیده می شوند.

امواج عرضی (Transverse wave) :

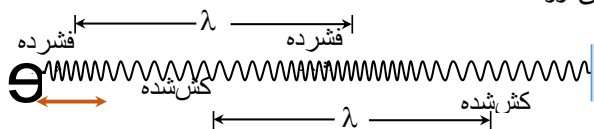
در امواج عرضی سمت اهتزاز به جهت انتشار موجها عمود است و یا امواج که در اثر تکان دادن فنر به دو طرف چپ و راست نیز به وجود می آید و گراف آن مشابه به گراف sin است. مانند شکل (2)



شکل (2)

امواج طولی (Longitudinal wave) :

امواجی است که در آن جهت انتشار موج در جهت انتشار نوسان ذرات محیط موازی باشد، در نگاره زیر یک موج طولی را می بینید که در اثر حرکت رو به پیش و رو به عقب دست، در یک فنر منتشر می شود. حلقه های فنر به طور مرتب به هم نزدیک و از هم دور می شوند وقتی به هم نزدیک می شوند یک ناحیه ی تراکی ایجاد می شود و وقتی که از هم دور می شود یک ناحیه ی انبساطی به وجود می آورد.

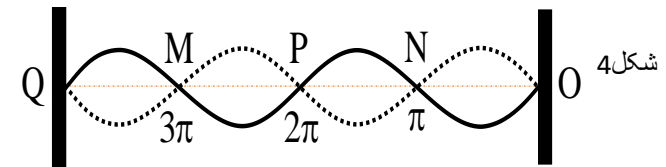


شکل 3

یادداشت: در مورد امواج طولی، میتوان گفت: فریکونسی موج برابر تعداد تراکمها (انبساط نهایی) است که در واحد زمان از یک نقطه عبور می کند.
و باید گفت که انتشار زلزلهها هم عرضی و هم طولی بوده می توانند. موجهای زلزله از عمق زمین بلند شده و بعد از بر روی زمین می رسند. نظر به نوع موج زلزله و سرچشمه بلند شدن موج زلزله، سرعت انتشار زلزلهها با هم متفاوت است.

امواج ایستاده (Stationary wave):

امواج ساکن به خاطر این نام داده است، که مانند امواج دیگر در محیط انتشار نمی کنند. این امواج از اثر دو موجی که دارای فریکونسی مساوی بوده و یکی در جهت مخالف دیگر انتشار می یابد به وجود می آیند. مانند تارهای مرتعش آلات موسیقی مثل دوتار، سه تار، تنبور و رباب هنگام نواختن (ساز کردن) به اساس تولید همین امواج ساکن کار می کنند.



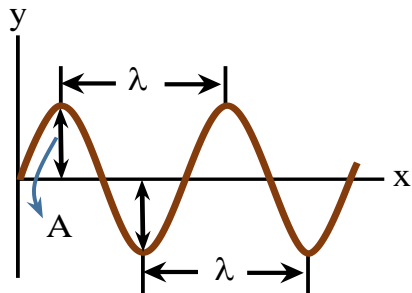
ما می توانیم نمونه موج ساکن را به واسطه موجی که از یک ریسمان به وجود می آید نمایش دهیم، و ضربه دست در سر ریسمان یکی پی دیگر چنان امواج متواتر را به وجود آورد که فریکونسی آنها با هم مساوی و یکی از دیگر به اندازه π تفاوت فاز داشته باشد. (فاز زاویه ای است که اندازه پیش بودن و عقب بودن ذره اهتزاز را ارائه می دارد.) مانند شکل 2، وقتی که موج اولی از انتهای ریسمان بسته شده انعکاس نموده و بر می گردد و به نقطه N می رسد، موج متواتر بعدی به نقطه که ریسمان در آن محکم گردیده می رسد و با موج در نقطه N یک گره یا عقده را به وجود می آورد و در نتیجه در بین خطوط منحنی ON و NO بطن می سازد، گرهها و بطنها در امواج تا آن وقت به وجود می آیند که انرژی حرکتی و پاتنشیل امواج در محیط غیر منظم شده و جذب گردد.

خصوصیات امواج:

باید بدانیم که یک موج مشخص، مانند یک اهتزاز برای شناسایی اش خصوصیاتش مانند: طول موج، فریکونسی موج، وقت تناوب و یا زمان موج واحد (پریود)، مودل ریاضی، معادله حرکت یا انتشار موج دارد، که در این جا هر یک آنها را به طور مشخص مطالعه می کنیم.

طول موج (Wavelength):

طول موج مشخصه شناخت یک موج است و واحد اندازه گیری آن همان واحد اندازه گیری طول است. موجها از قیمت های بسیار کوچک مانند انگستروم (A°) گرفته تا کیلومتر (km) طول دارند. از نگاه نوعیت هم امواج عرضی و هم موجهای طولی هر دو دارای طول موج هستند.



(شکل 5)

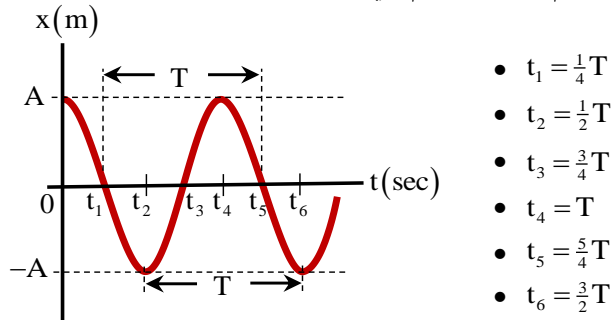
معادله ریاضی حرکات موجی، تابع \sin یا \cos بوده و مربوط به این است که مبدای انتشار موج از کدام نقطه مسیر این تابع \sin حساب می گردد. اگر مبدای انتشار یک موج برای یک ماده را تحت بررسی قرار دهیم و باز در مسیر انتشار قسمی یک نقطه مادی را نزدیک به نقطه دومی تعیین که این دو نقطه نزدیک با هم دیگر از نگاه داشتن انرژی با هم مساوی باشند، در آن صورت کوتاه ترین فاصله بین این نقطهها که یک مستقیم است بنام طول موج یاد می شود و یا به عبارتی دیگر فاصله ای را که موج در زمان یک پریود طی می نماید طول موج می گویند. که به نماد لاتین (λ) نشان داده می شود. در طبیعت طول موجهای مختلف و متفاوت وجود دارد، و می توانیم چنین امواج را به صورت مصنوعی نیز ایجاد نماییم که طول موجهای آنها با هم مساوی و یا مقابل هم باشند.

تواتر یا فریکونسی (Frequency):

طوری که قبلاً گفتیم، که اندازه اهتزازات موجی در واحد زمان فریکونسی نامیده می شود، که با (Symbol) یا نماد f نشان داده می شود. واحد فریکونسی هرتز (Hertz) است و با نماد (Hz) نمایش داد می شود، تمام امواج طبیعی الکترومقناطیسی و میخانیکی به همین واحد اندازه می شوند.

زمان تناوب یا پریود (Period):

می دانیم که همه حادثات طبیعی در زمان صورت می گیرد، و هیچ پدیده ای احساس شده نمی تواند که خارج از فکتور زمان واقع شده باشد. پس زمان تناوب عبارت از زمانی است که موج یک اهتزاز مکمل را انجام می دهد که بنام پریود نیز یاد می شود.



(شکل 6)

در شکل 6 ارتباط بین زاویه های محیطی دایره و پریود را با سپری شدن زمان مورد بررسی قرار می دهیم، زاویه برای یک دوران مکمل، $\phi = 2\pi$ بوده و وقت مربوط به این دوران، (T) می باشد، پس برای

سرعت زاویه ای نوشته می توانیم که $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، اگر به طور مشابه، این رابطه را برای موج بنویسیم. پس

مثال 1. دو طناب از یک ماده که شعاع سطحی مقطع یکی 3 برابر دیگری است، در یک نقطه به هم گره خورده و طناب مرکب را میان دو نقطه بسته‌ایم، نوسان‌های با طول موج $\lambda = 45\text{cm}$ در طناب نازک ایجاد می‌کنیم، طول موج ایجاد شده در طناب ضخیم چند سانتی‌متر است.
حل.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{3v_2}{v_2} = \frac{45\text{cm}}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{45\text{cm}}{3} = 15\text{cm}$$

مثال 2. اگر سرعت انتشار موج‌های حاصل از یک منبع ارتعاشی در آب 4 برابر سرعت انتشار آن در هوا باشد، طول موج در هوا چند برابر طول موج در آب است.
حل. اگر سرعت موج و طول موج در هوا به v_1 و λ_1 نشان داده شود پس:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{4v_1} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{4}$$

مثال 3. سرعت انتشار موجی 20m/s و فریکوئسی آن 50Hz است، کم‌ترین فاصله دو نقطه که در جهت انتشار موج قرار دارند و با یکدیگر هم‌فاز اند، چند سانتی‌متر است؟
حل.

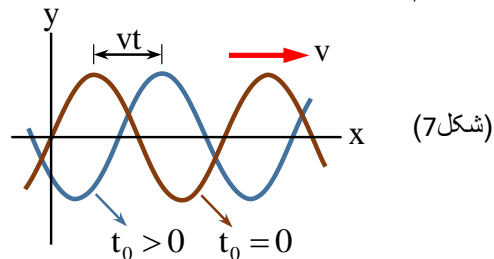
$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{20\text{m/s}}{50\text{Hz}} = 0.4\text{m} \Rightarrow \lambda = 40\text{cm}$$

مثال 4. سرعت انتشار موج در یک محیط 40m/s و طول موج آن 2cm است، طول موج در محیط دیگری که سرعت موج در آن 50m/s است، چند سانتی‌متر خواهد بود؟
حل.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{2\text{cm}}{\lambda_2} = \frac{40\text{m/s}}{50\text{m/s}} \Rightarrow \lambda_2 = 2.5\text{cm}$$

تابع انتشار موج :

اگر خصوصیات فزیک نواح اهتزازی موج را به جهت انتشار آن و این نقاط را از منبع انتشار موج به تابع زمان مشخص کرده بتوانیم،



پس به چنین تابعی، تابع خصوصیت اهتزازی موج گفته می‌شود. تابع موج ساده $y = a \cdot \sin \varphi$ ، در این جا φ زاویه‌ی است که در زمان اختیاری (t) به سرعت معین طی می‌گردد، البته با قیمت‌های مختلف t ، موقعیت نقطه اهتزاز را نظر به منبع موج (نقطه 0) مشخص می‌کنند. اگر در رابطه فوق قیمت $\varphi = \omega t$ را نظر به موقعیت (0) وضع کنیم، پس نوشته کرده می‌توانیم که:

در حقیقت سرعت اهتزاز موجی که بعد از یک پریود یعنی (T)، بر طول یک موج λ از دو نقطه هم فاز، عبور می‌نماید، عبارت از $v = \frac{\lambda}{T}$ است.

مثال 1. موج عرضی با فریکوئسی 2.5Hz در سطح آب تولید شده و با سرعت 0.5m/s منتشر می‌شود، فاصله بین دو قله‌ی متوالی موج چند سانتی‌متر است؟
حل.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{0.5\text{m/s}}{2.5\text{Hz}} = \frac{1}{5}\text{m} = \frac{100}{5}\text{cm} \Rightarrow \lambda = 20\text{cm}$$

مثال 2. در طول ریسمانی موج‌های ساینی با سرعت 2.4m/s منتشر می‌شود، اگر طول موج 1.2m باشد، فریکوئسی آن چند سانتی‌متر است؟
حل.

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{2.4\text{m/s}}{1.2\text{m}} = 2\frac{1}{s} = 2\text{Hz}$$

انعکاس موج میخانیکی (Reflection of Waves) :

اگر بربل یک دریا موج‌های آب دریا را به دقت دیده باشید، حتماً متوجه شده اید، وقتی که موج‌های آب به ساحل دریا برخورد می‌کند، ابتدا به کناره‌های خشکه بلند رفته و بعد از تصادم بربل‌های دریا دوباره به شکل موج به طرف دریا بر می‌گردد، که بعد از تصادم با موج‌های تازه از بین می‌رود، این که موج بعد از تصادم باز هم به شکل موج به طرف دریا می‌رود، به این حادثه، انعکاس موج گفته می‌شود. انعکاس صدا ثبوت روشنی برای پدیده انعکاس امواج میخانیکی بود می‌تواند. و باید گفت که در هر حالت انعکاس، محیط حرکت موج تغییر نمی‌کند، فقط موج، بعد از برخورد با یک مانع یا جسم سخت دوباره به روی مسیر قبلی خود بر می‌گردد.

انکسار موج میخانیکی (Refraction of wave) :

در انکسار نور وقتی که امواج نوری از یک محیط متجانس شفاف به محیط دیگر شفاف داخل می‌شوند، مسیر انتشارش را در محیط دوم تغییر می‌دهند، که به این عملیه شکستن یا انکسار نور می‌گویند، خصوصیات موج‌های الکترومقناطیسی شعاع نوری و موج‌های میخانیکی هر دو در این عملیه یکسان بوده، هنگامی که از یک محیط متجانس به محیط دیگر داخل می‌گردند، می‌شکنند و مسیر اصلی خود را تغییر می‌دهند. باید گفت که خواص امواج میخانیکی علاوه بر ساختار و کثافت محیط، به فشار محیط انتشار و پارامترهای مربوط به آن هم ارتباط دارد، یک خصوصیت عمده این رابطه این است که سرعت تنها به طول موج ارتباط دارد، و فریکوئسی هرگز تغییر نمی‌کند. و رابطه بین سرعت، طول موج و فریکوئسی در دو محیط را طور ذیل نشان می‌دهیم.

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \begin{cases} v_1 = \lambda_1 \cdot f \\ v_2 = \lambda_2 \cdot f \end{cases} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}, \quad f = \text{const}$$

یادداشت: نسبت سرعت‌ها با نسبت طول‌های موج معکوساً متناسب است.

حل. چون نوسان در جهت محور y و انتشار آن در جهت محور x است، پس موج عرضی می‌باشد.

$$\left. \begin{aligned} y_M &= a \sin(\omega t - kx) \\ y_M &= 0.02 \sin(500t - 50\pi x) \end{aligned} \right\} a = 0.02 \text{ m}, \omega = 500 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 500 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{\pi}{250} \text{ sec}$$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{0.004 \text{ sec}} = \frac{250}{\pi} \text{ Hz} \approx 80 \text{ Hz}$$

$$k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow 50\pi = \frac{500 \text{ rad/s}}{v} \Rightarrow v = \frac{500}{50\pi} \text{ m/s} = \frac{10}{\pi} \text{ m/s}$$

مثال 3. منبع موجی در هر ثانیه 20 نوسان کامل انجام می‌دهد، و امواج حاصل با سرعت ثابت در یک محیط منتشر می‌شوند، اگر عدد موج 40π رادیان بر متر باشد، سرعت انتشار موج چند متر بر ثانیه است. حل.

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow \omega = 2\pi \times 20 \frac{1}{\text{s}} = 40\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$v = \frac{\omega}{k} \Rightarrow v = \frac{40\pi \text{ rad/s}}{40 \text{ rad/m}} = 1 \text{ m/s}$$

مثال 4. تابع موجی در طول یک طناب به صورت $y_M = a \sin(50\pi t - \pi x)$ در سیستم SI داده شده است، سرعت انتشار موج در آن چند m/s است. حل.

$$\left. \begin{aligned} y_M &= a \sin(\omega t - kx) \\ y_M &= a \sin(50\pi t - \pi x) \end{aligned} \right\} \Rightarrow \omega = 50\pi \text{ rad/s}, k = \pi \text{ rad/m}$$

$$v = \frac{\omega}{k} \Rightarrow v = \frac{50\pi \text{ rad/s}}{\pi \text{ rad/m}} = 50 \text{ m/s}$$

تداخل موجها (Interference of waves) :

برای این که بین دو موج تداخل صورت گیرد، شرط نخست باید دو منبع تولید امواج در یک محیط باشد، و شرط دوم این که پریود اهتزاز و دامنه‌ی موج‌های ایجاد شده باید مساوی باشند. اغلباً اتفاق می‌افتد که دو یا چند موج به طور هم‌زمان از ناحیه عبور می‌کنند، به طور مثال وقتی به صدای یک موسیقی گوش می‌دهیم، موج‌های صوتی حاصل از سازمان‌های گوناگون به طور هم‌زمان به پرده گوش ما می‌رسند. و انتشار یک صوت مانع انتشار صوت‌های دیگر نمی‌شود، این مثال نشان دهنده اصلی به نام اصل تداخل است. بنابر این اصل هر موج در حال انتشار، بدون آن که برای انتشار سایر موج‌ها مزاحمتی ایجاد کند، از آن عبور کرده و به انتشار خود ادامه می‌دهد، درست مانند آن که هیچ موجی دیگری در محیط منتشر نمی‌شود، در نقطه‌ی که دو و یا چند موج با هم تلاقی می‌کنند، تغییر مکان ذره‌ی از محیط که در آن نقطه است، برابر محیط تغییر مکان هر یک از موج‌ها است. باید دانست

$$y_0 = a \cdot \sin \omega t = a \cdot \sin \frac{2\pi}{T} \cdot t$$

اکنون می‌خواهیم موقعیت فزیک اهتزاز یک نقطه کیفی M را از نقطه اهتزاز O حاصل نماییم، فرضاً نقطه M با تأخیر زمان $t_M = \frac{x}{v}$ از نقطه O به اهتزاز آغاز نماید، در این حالت آغار اهتزاز M عبارت از $(t - t_M)$ خواهد بود. پس داریم که:

$$y_M = a \cdot \sin \frac{2\pi}{T} (t - t_M) = a \cdot \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

با گذاشتن قیمت $\lambda = vT$ در رابطه فوقانی داریم که:

$$y_M = a \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \vee y_M = a \cdot \sin(\omega t - kx)$$

در رابطه فوقانی a دامنه، ω سرعت زاویه‌ی که برابر به $\frac{2\pi}{T}$ هست و k که مساوی به $\frac{2\pi}{\lambda}$ هست، به نام عدد موج یاد می‌شود. و $\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x$ را فار اهتزاز بین نقاط اهتزاز O و M می‌گویند.

رابطه اخیر، موقعیت یک نقطه اهتزاز کیفی را نظر به موقعیت O ارائه می‌کند، هم چنان اگر هم فازهای مشخص A, A', A'', \dots و نقاط دیگر اهتزازی نظر به O را در نظر بگیریم، چنین موقعیت‌ها از رابطه $k\lambda$ حاصل شده می‌تواند، که اگر $k = 1, 2, 3, \dots$ را به خود قیمت بگیرد. یادداشت: برای همیشه فاصله بین ذراتی اهتزازی هم فاز باهم مساوی و برابر به طول موج است.

اکنون قسمی در نظر می‌گیریم، که یک ذره اهتزازی از نقطه O به اندازه $\frac{\lambda}{2}$ فاصله دارد، فرض کنید که این ذره اهتزازی در نقطه C قرار دارد. ذره اهتزازی C به اندازه π تفاوت فاز دارد، وقتی که یک اهتزاز مکمل را طی می‌کند، از مبدأ به اندازه $\lambda + \frac{\lambda}{2}$ فاصله دارد. پس موقعیت اهتزاز این ذرات از نقطه O توسط رابطه $(2k+1)\frac{\lambda}{2}$ نشان داده می‌شود، که در این جا $k = 0, 1, 2, \dots$ است، با قرار دادن قیمت‌های داده فاصله‌ها $\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, \dots$ خواهد گردید.

مثال 1. تابعی موجی که در جهت محور x منتشر می‌شود، در SI به صورت $y_M = 0.02 \sin(20\pi t - 4\pi x)$ داده شده است، طول موج و سرعت انتشار موج را حساب کنید. حل.

$$\left. \begin{aligned} y_M &= a \sin(\omega t - kx) \\ y_M &= 0.02 \sin(20\pi t - 4\pi x) \end{aligned} \right\} k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow 4\pi = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 0.5 \text{ m}$$

$$k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow 4\pi = \frac{20\pi}{v} \Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$$

مثال 2. معادله‌ی موجی در SI به صورت $y_M = 0.02 \sin(500t - 50\pi x)$ است، نوعیت این موج، دامنه، سرعت زاویه‌ی، زمان تناوب، فریکوئنسی و سرعت انتشار آن را دریابید.

گوش‌های نورمال انسان است، اما می‌توان امواج بیرون از ساحه را به کمک وسایل تخنیکي به این ساحه داخل نماییم، که این وسایل تقویه کننده‌ها (Amplifiers) گفته می‌شود، مانند شنیدن صدای رادیو و غیره. و باید گفت برای انسان‌ها امواج صدا از اهتزاز تارهای صوتی حنجره آن‌ها بلند می‌شوند، که در جانب مقابل به شکل امواج طولی انتشار می‌یابد، که موج‌های صوتی مانند: امواج طولی دیگر انعکاس و انکسار می‌نمایند.

سرعت صوت در گازات :

می‌دانیم که امواج صوتی در محیط الاستیکی (ارتجاعی) منتشر می‌گردد، خصوصیت الاستیکی محیط گازی به خواص دینامیکی آن مربوط است، پارامترهای دینامیکی محیط گازی به درجه حرارت، فشار و حجم ارتباط دارد، که در گازهای کامل، سرعت صوت ذریعه فورمول لاپلاس به دست می‌آید، و آن این است.

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

در فورمول فوقانی P فشار گاز، ρ کثافت گاز و $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ از نسبت ظرفیت مخصوصه حرارتی گاز با

فشار ثابت C_p و حجم ثابت C_v بدست می‌آید. حرارت مخصوصه گازها با فشار ثابت و حجم ثابت برای گازهای مختلف متفاوت است، اما در صورتی که تعداد مالیکول‌ها در حجم مساوی باشد، این نسبت برای همه گازها تقریباً مساوی است. مقدار γ برای گازهای یک اتمی $5/3 = 1.67$ ، دو اتمی مانند هوا $7/5 = 1.40$ و سه اتمی مانند CO_2 برابر با $4/3 = 1.33$ است.

از جانب دیگر برای گازهای خیالی، از قانون ترمودینامیک می‌فهمیم که هرگاه گاز خیالی تحت فشار P، دارای حجم V و درجه حرارت T باشد، و سپس درجه حرارت را به T_1, T_2, \dots فشار را به P_1, P_2, \dots حجم را به V_1, V_2, \dots انتقال دهیم، که این ارتباط بین آن‌ها قرار ذیل است.

$$\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_3 \cdot V_3}{T_3} = R = \text{cont}$$

در رابطه فوقانی R به نام ثابت گازات یاد می‌شود، که مقدار آن تقریباً برابر به $8.314 \frac{\text{Joule}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

می‌باشد، اگر در حجم مربوطه اندازه گاز به قدر m مالیکول گرام موجود باشد، پس:

$$\frac{P \cdot V_m}{T} = R \Rightarrow P = \frac{RT}{V_m} \rightarrow v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{P}{\rho}}$$

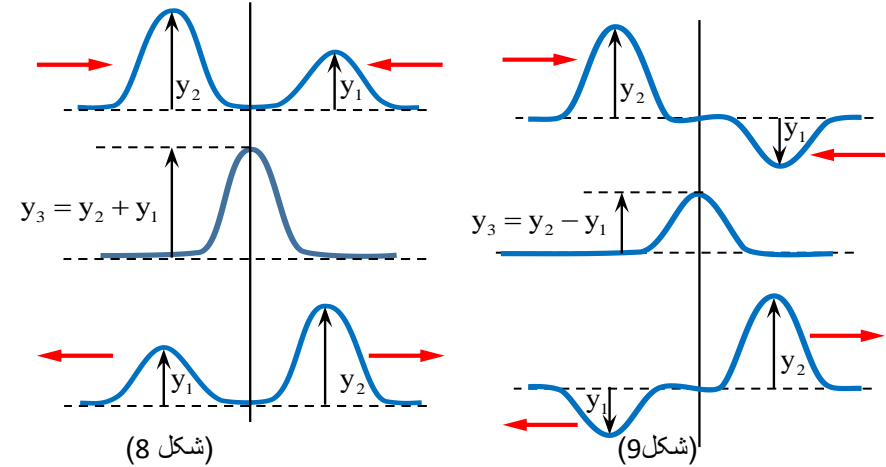
$$\Rightarrow v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho \cdot V_m}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho V_m}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{\rho \cdot M}}$$

و سرعت انتشار صوت طور ذیل به دست می‌آید:

$$v = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{M}}$$

مثال 1. سرعت صوت در هوا را که حیثیت گاز کامل را دارد، در صفر درجه سلسیوس معلوم کنید، ($M = 29 \text{ gr/mol}$)

که در هر حالتی که موج‌ها نوسان‌های هم جهت ایجاد کنند، جمع وکتوری بالای هم معادل جمع الجبری آن می‌شود.



به حالت‌های مختلف شکل 8 متوجه باشد، در حالت (الف) دو تپ عرضی در طول طناب به طرف یک‌دیگر در حال انتشار هستند، این دو تپ در حالت (ب) به یک‌دیگر رسیده اند و چون تغییر مکان حاصل از دو تپ هم‌جهت اند، محصله آن‌ها برابر مجموع اندازه‌ی تغییر مکان‌های حاصل از هر یک شده است. در این حالت (ب) می‌گوییم تداخل موج‌ها سازنده است، در حالت (ج) دو تپ از یک‌دیگر عبور و به انتشار خود ادامه داده اند، و تفاوت راه بین منابع و ذره‌های اهتزازی با ضرب تام طول موج‌ها (λ) طور ذیل است.

$$d_2 - d_1 = k\lambda, \quad (k=0,1,2,\dots)$$

و مطابق نگاره 14.9 تغییر مکان‌ها در خلاف جهت یک‌دیگر می‌باشند، تغییر مکان محصله برابر تفاضل اندازه تغییر مکان‌های است که هر تپ به تنهایی در جزئی از طناب که با هم به آن رسیده اند، ایجاد می‌کند. به حالت‌های مختلف شکل 9 توجه کنید، در حالت (ب) می‌گوییم تداخل موج‌ها ویرانگر است. و تفاوت راه‌ها بین منابع اهتزازی با ضرب تاق نصف طول موج‌ها بدست می‌آید، که طور ذیل نشان داده می‌توانیم.

$$d_2 - d_1 = (2k+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k=0,1,2,\dots)$$

امواج صوتی (Sound Waves) :

امواج صدا یک بخش مهم امواج میخانیکی را تشکیل می‌دهد، موج‌های صدا به طور طولی منتشر می‌گردد، به این معنا که جهت انتشار موج‌ها و اهتزاز ذرات که انرژی آواز را انتقال می‌دهند با هم موازی و یا منطبق هستند.

در چهار اطراف ما صداهای زیاد تولید می‌شود، ولی تنها صدای انسان به طور نورمال بین فریکونسی‌های 20Hz و 20000Hz برای ما قابل شنیدن است، آوازهای که بیش‌تر از 20000Hz دارد، از ساحه صداهای قابل شنیدن بلند و پایان‌تر از 20Hz از ساحه صداهای قابل شنیدن پایین نامیده می‌شوند، دیگر حیوانات قابل شنیدن امواج‌های خفیف اند، که این انتروال فقط برای

حل.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{(1.4)(8.31)(273)}{0.029}} \approx 331 \text{ m/s}$$

مثال 2. سرعت انتشار صوت در گاز نایتروجن با حرارت 127 °C چند متر بر ثانیه است؟

$$(\lambda = 1.4, R = 8 \text{ joule/mol} \cdot \text{K})$$

حل.

$$M = 27 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}, T = (127 + 273) \text{ K} = 400 \text{ K}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{1.4 \times 8 \times 400}{27 \times 10^{-3}}} \approx 407 \text{ m/s}$$

مثال 3. حرارتی گازی را از 47°C به 227°C افزایش می‌دهیم، سرعت صوت در آن به اندازه‌ی 135m/s افزایش می‌یابد، قبل از افزایش حرارت سرعت صوت در گاز چند متر بر ثانیه بوده است.

حل.

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \\ v' = \sqrt{\frac{\gamma RT'}{M}} \end{cases} \Rightarrow \frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{T}{T'}} \Rightarrow \frac{v}{v+135} = \sqrt{\frac{320}{500}}$$

$$\Rightarrow \frac{v}{v+135} = \frac{4}{5} \Rightarrow 5v = 4v + 540 \Rightarrow v = 540 \text{ m/s}$$

سرعت صوت در اجسام جامد و مایع :

می‌دانیم که سرعت انتشار موج در یک محیط به ارتجاعیت و ساختمان مالیکول‌های آن محیط ارتباط دارد، چون برای اجسام سخت این خصوصیت در رابطه با قوه‌های کشش بین مالیکول‌ها به خوبی آشکار است و برای مایعات و گازها این قوه و ساختار ارتجاعیت به ترتیب کم می‌شود، پس در رابطه با انتشار امواج هم به همین تناسب برای اجسام سخت سریع‌تر و به همین ترتیب وضاحت اکتفا نموده، سرعت‌های صوت در محیط‌های مختلف قیمت‌های مختلف دارند.