فصل ۱

دسته‌بندی فرکانس‌ها و طیف فرکانسی

هدف کلی

شناخت اصطلاحات مخابراتی، مفاهیم و تعاریف پایه‌ای و متداول در مخابرات

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۶ ساعت آموزشی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که: **زمان پیشنهادی**

۱ــ یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی را شرح دهد. ..... ۱۰′

۲ــ اجزای یک سیستم مخابراتی را نام ببرد. ..... ۵′

۳ــ عوامل مؤثر در سیگنال‌های سیستم مخابراتی را شرح دهد. ..... ۱۰′

۴ــ علل دسته‌بندی فرکانس های مختلف را شرح دهد. ..... ۱۰′

۵ــ محدودهٔ فرکانسی و دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را با استفاده از جدول یا نمودار تعیین کند. ..... ۱۵′

۶ــ علائم اختصاری VLF ، LF ، HF ، VHF ، UHF ، SHF ، EHF و MF را شرح دهد. ..... ۲۰′

۷ــ مهم‌ترین باندهای فرکانسی مورد کاربرد در مخابرات رادیویی، تلویزیونی و تلفن همراه را شرح دهد. ..... ۱۵′

۸ــ حوزهٔ زمان و حوزهٔ فرکانس را با ترسیم شکل شرح دهد. ..... ۱۵′

۹ــ طیف فرکانسی را تعریف کند. ..... ۱۵′

۱۰ــ اصول کار دستگاه طیف‌نما را شرح دهد. ..... ۱۰′

۱۱ــ موارد کاربرد دستگاه طیف‌نما را بیان کند. ..... ۵′

۱۲ــ کمیت‌هایی را که به‌صورت نمودار روی دستگاه طیف‌نما ظاهر می‌شود، نام ببرد و حوزهٔ مربوطه را مشخص کند. ..... ۱۰′

۱۳ــ هارمونیک را تعریف کند. ..... ۱۵′

۱۴ــ هارمونیک‌های موجود در موج مربعی متقارن را تشریح کند. ... ۱۵′

۱۵ــ طیف فرکانسی حاصل از اعمال موج مربعی به ورودی دستگاه طیف‌نما را ترسیم کند. ..... ۱۵′

۱۶ــ صوت را تعریف کند و نحوهٔ انتشار آن را شرح دهد. ..... ۱۰′

۱۷ــ مشخصه‌های بلندی، انرژی، شدت، ارتفاع و طنین صوت را شرح دهد. ..... ۲۰′

۱۸ــ محدودهٔ فرکانس‌های تولیدی توسط حنجرهٔ انسان را بیان کند. ۱۰′

۱۹ــ محدودهٔ فرکانس‌های شنوایی را شرح دهد. ..... ۵′

۲۰ــ طیف فرکانسی صدای انسان را توضیح دهد. ..... ۵′

۲۱ــ صدای بم و زیر را شرح دهد. ..... ۱۵′

۲۲ــ از نرم‌افزارها و فیلم‌های مرتبط برای درک بهتر مطلب در قالب شبیه‌سازی یا مشاهده، استفاده کند. .....

۲۳ــ در فرایند اجرای آموزشی متناسب با شرایط و محتوا، آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد. ..... ۲۰′

هدف‌های رفتاری در حیطهٔ عاطفی

۱ــ نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس را رعایت کند.

۲ــ تکالیف و مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.

۳ــ در موقعیت‌های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.

۴ــ از لوازم موجود در کلاس و هنرستان به خوبی مراقبت و نگهداری کند.

۵ــ خوب گوش دهد و ابهامات و سؤالات خود را بپرسد.

۶ــ با دقت و اعتماد به نفس به سؤالات مطرح شده پاسخ دهد.

۷ــ از شوخی‌های بی‌مورد پرهیز کند.

۸ ــ حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.

۹ــ توانمندی‌های خود در موقعیت‌های مناسب را بروز دهد.

۱۰ــ در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.

۱۱ــ نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حسّاس و فعال باشد.

۱۲ــ سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.

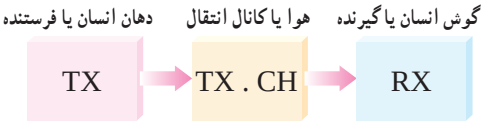
پیشگفتار

یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی ارسال و دریافت صدای انسان است. اجزای این سیستم در شکل ۱ــ۱ نشان داده شده است. اجزای این سیستم به شرح زیر خلاصه می‌شود :

الف) فرستنده دهان انسان است (گوینده)
Transmitter (TX)

ب) گیرنده گوش انسان دیگری است (شنونده)
Receiver (RX)

پ) فاصلهٔ بین دهان گوینده و گوش شنونده (هوا) کانال انتقال یا محیط انتقال نامیده می شود
(Transmission channel)



شکل ۱ــ۱ــ یک نمونه از ساده‌ترین سیستم مخابراتی ارسال و دریافت صوت

صدا نمی‌تواند به فواصل دور منتقل شود زیرا با قوی شدن صدا، صوت پخش شده از حالت خصوصی یا ارتباط نقطه به نقطه (Point to Point) خارج می‌شود و صوت توسط سایر افراد نیز دریافت می‌شود یا برای دیگران آلودگی صوتی به‌وجود می‌آورد. همچنین نمی توان از طریق دهان انسان صدایی با قدرت بسیار زیاد تولید کرد زیرا محدودیت تولید صوت توسط تارهای صوتی برای همهٔ افراد وجود دارد. براین اساس در گذشته‌های دور، انسان برای ارتباط با یکدیگر از علائم مختلفی از قبیل دود، صدای طبل، صدای بوق و انعکاس نور از یک شئ درخشان مانند آینه استفاده می‌کرد. کاربرد این روش‌ها تا حدودی بُعد مسافت را افزایش می‌داد. ولی پیام همچنان به صورت غیرمحرمانه باقی می‌ماند. با وجود تمام مشکلات موجود، سال‌های متمادی، اجداد ما از این روش‌ها برای ارتباط بین دو نقطه استفاده می‌کردند. مطمئناً، در صورت تداوم روش کهن، دیگر نمی‌توانستیم صحبتی از تمدن امروزی و مخابرات مدرن داشته باشیم. هنگامی که در سال ۱۸۷۶ میلادی الکساندر بل دانشمند اسکاتلندی اولین پیام تلگرافی راه دور را تا فاصلهٔ ۲۴ کیلومتری مخابره کرد، آرزوی دیرینه بشر، که رؤیایی بیش نبود، تحقق یافت (شکل ۲ــ۱).

شکل ۲ــ۱ــ ارتباط تلفنی

توجه: زندگی‌نامه دانشمندان مورد آزمون قرار نمی‌گیرد و صرفاً جهت آشنایی آمده است.

الکساندر گراهام‌بل

تولد : ۱۸۴۷ میلادی، محل تولد : اسکاتلند، اختراع تلفن : ۱۸۷۶، وفات : ۱۹۲۲.

اولین مکالمهٔ تلفنی

در سال ۱۸۷۶ میلادی، یک دانشمند اسکاتلندی به نام «الکساندر گراهام‌بل» در بوستون بر روی وسیله‌ای کار می‌کرد که امید داشت بتواند با استفاده از آن صدای انسان را انتقال دهد.

در دهم مارس او بر روی فرستندهٔ جدیدی کار می‌کرد و دستیارش «توماس واتسون» همزمان در اتاقی دیگر کنار دستگاه مشابهی قرار داشت. ناگهان اسید بر روی لباس «بِل» ریخت و او فریاد زد : «آقای واتسون بیا این‌جا کارت دارم!»

«واتسون» کلمات «بل» را به وضوح ازطریق دستگاه شنید. «بل» اوّلین مکالمهٔ تلفنی را انجام داده بود.

در صورتی که با زندگی‌نامه دانشمندان موفق دنیا آشنا می‌شوید می‌توانید از آن الگوبرداری کنید و در آینده موفق شوید.

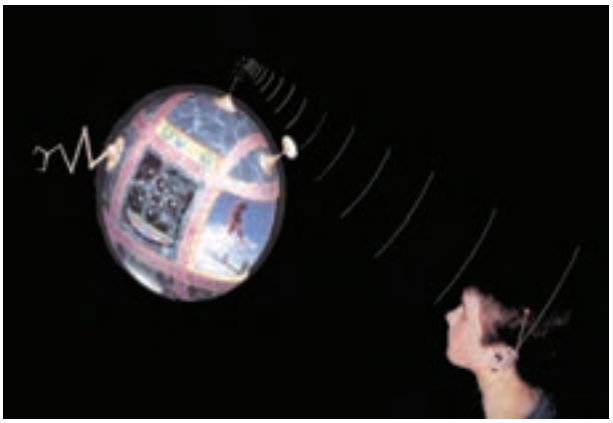
در زمان‌های گذشته، اگر کسی ادّعا می‌کرد که در آینده خواهد توانست با فردی در فاصلهٔ بسیار دور مکالمه کند، بی‌تردید مورد تمسخر قرار می‌گرفت. ولی امروزه این موضوع به صورت مکالمات تلفنی راه دور به آسانی امکان‌پذیر است. همچنین اگر شخصی ادعا می‌کرد که می‌تواند وقایعی را که در فاصلهٔ یک هزارکیلومتری اتفاق می‌افتد، به‌طور همزمان اعلام کند، او را فردی عجیب و خارق‌العاده می‌پنداشتند و القابی نظیر پیشگو و جادوگر به او نسبت می‌دادند.

امروزه با استفاده از رادیوی جیبی یا تلویزیون‌های قابل حمل کوچک (portable)[1] به آسانی می‌توانید از وقایع گوناگونی که در سرتاسر جهان رخ می‌دهد اطلاع حاصل کنید. در عصر حاضر، بشر بر محدودیت‌های ناشی از فاصله در ارتباطات چیره شده است، انسان با استفاده از مغز و فکر خود دستگاه‌هایی را ساخته است که می‌تواند گفتار و تصویر را به فواصل بسیار دور منتقل کند. این وسایل مورد استفادهٔ همهٔ جامعه قرار می‌گیرد، ولی تعداد بسیار کمی هستند که از نحوهٔ کار این سیستم‌ها اطلاع دارند.

با استفاده از سیستم‌های جدید مخابراتی از قبیل SMS (پیام نوشتاری کوتاه Short Message System) و MMS (پیام چندرسانه‌ای Multimedia Message System) و VMS (پیام صوتی Voice Message System) محدودیت‌های ناشی از صدا، چشم و گوش انسان در حد غیرقابل تصوری کاهش یافته است. با استفاده از سیستم‌های جدید مخابراتی به آسانی می‌توانیم صدا و تصویر را از فواصل بسیار دور دریافت کنیم. شکل (۳ــ۱). اختراع دستگاه‌های سمعی و بصری (شنیداری و دیداری) سبب شده است که با هزینهٔ بسیار کم و خیلی سریع بتوانیم اطلاعات صوتی و تصویری را ضبط و برای آینده نگهداری کنیم.

مخابرات نوری، از دیگر پدیده‌هایی است که وارد صنعت مخابرات شده و به تدریج جایگزین سیستم‌های فعلی می‌شود. کشف ابررسانه‌ها (Supper Conductive) نیز راه را برای رسیدن به سیستم‌های جدید مخابراتی هموار می‌کند.

۱ــ کلمهٔ Portable به معنی قابل حمل است که در مورد دستگاه‌های الکترونیکی به دستگاه‌های کوچک قابل حمل مانند تلفن همراه، تلویزیون‌های کوچک، کامپیوتر همراه (Laptop) گفته می‌شود.



شکل ۳ــ۱ــ سیستم های جدید مخابراتی

فکر کنید

اجزای سامانه‌های مخابراتی شامل فرستنده، کانال و گیرنده را در تلویزیون و تلفن همراه نام ببرید.

۱ـ۱ـ اجزای سیستم‌های مخابراتی و نحوهٔ ارتباط رادیویی

هر سیستم مخابراتی دارای اجزایی به شرح زیر است :

الف) فرستنده (Transmitter)

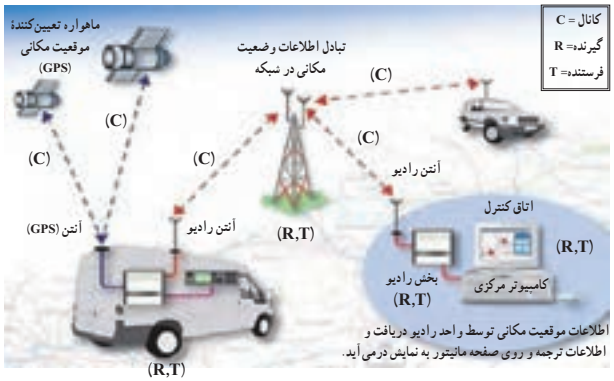
ب) کانال ارتباطی (Channel)

ج) گیرنده (Receiver)

در یک سیستم مخابراتی ساده، فرستنده دهان انسان، کانال ارتباطی هوا و گیرنده، گوش انسان است.

در شکل ۴ــ۱ یک سیستم ارتباطی رادیویی ترسیم شده است. در این سیستم فرستنده رادیویی از طریق آنتن (Antenna) امواج را در فضا پخش می‌کند. آنتن گیرنده، امواج رادیویی[1] منتشر شده از فرستنده را از فضا دریافت می‌کند. کانال ارتباطی در این سیستم، فضای بین فرستنده و گیرنده است. کانال ارتباطی معمولاً تحت تأثیر عوامل خارجی قرار می‌گیرد. هرگونه عامل خارجی یا داخلی را که موجب اختلال در سیستم شود نویز (Noise) یا اغتشاش می‌نامند.

یادآور می‌شود که امواج ارسالی از آنتن فرستنده از نوع امواجی است که رفتاری مشابه امواج نورانی دارد و با سرعت سیری تقریباً برابر با سرعت نور در فضا حرکت می‌کند.



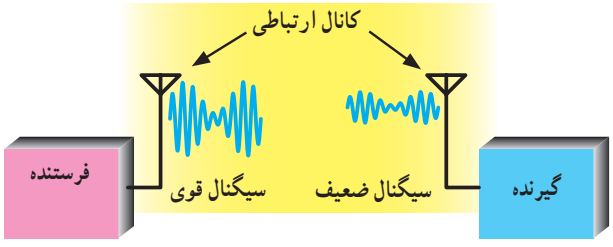
شکل ۴ــ۱ــ سیستم ارتباط رادیویی

۱ـ۱ـ۱ـ عوامل تأثیرگذار در سیستم مخابراتی:

سیگنال‌های مخابراتی در فرایند تولید، ارسال، انتقال و دریافت تحت تأثیر عوامل نامطلوب مختلفی قرار می‌گیرند. این عوامل تغییراتی در سیگنال به وجود می‌آورند که به ذکر چهار مورد از مهم‌ترین آنها می‌پردازیم.

الف) تضعیف یا افت قدرت

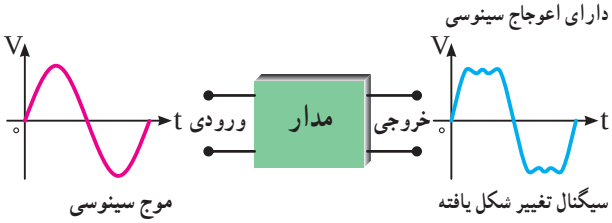
(Power Attenuation یا Power Loss) : قدرت سیگنال خروجی فرستنده پس از عبور از کانال انتقال افت می‌کند. این افت قدرت در کانال نباید از حدی بیشتر شود، زیرا در صورتی که توان بیش از حد کاهش یابد، گیرنده قادر به دریافت و اجرای فرایند مربوط به بازسازی سیگنال نیست (شکل ۵ــ۱).



شکل ۵ــ۱ــ تضعیف سیگنال

۱ــ در مخابرات، رادیو (Radio) یک مفهوم عام است و انواع سیستم‌های رادیویی، تلویزیونی، مخابراتی، تلفنی و غیره را دربرمی‌گیرد.

ب) اعوجاج (Distortion) : اعوجاج به معنی تغییر شکل نامطلوب سیگنال است. هنگامی که سیگنال از یک مدار یا کانال ارتباطی عبور می‌کند دچار تغییر شکل می‌شود، شکل ۶ــ۱. این تغییر شکل ممکن است جزیی یا کلی باشد. درصورتی که تغییر شکل سیگنال جزیی باشد، قابل جبران یا هم‌سان‌سازی (equalizing) است. درصورتی که تغییر شکل سیگنال خیلی زیاد باشد، اصلاح سیگنال قابل جبران نخواهد بود. در این حالت می‌گویند اعوجاج سیگنال زیاد است.

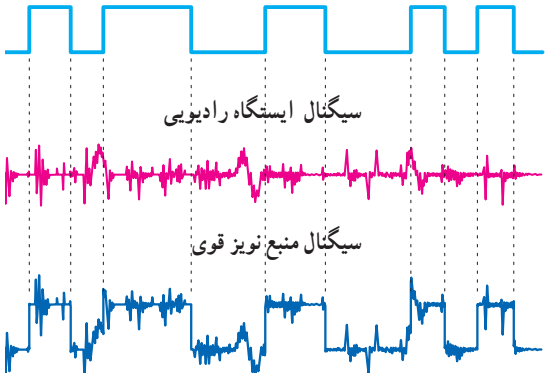


شکل ۶ــ۱ــ در این مدار شکل موج سینوسی دچار اعوجاج شده است.

ج) نویز یا اغتشاش (Noise) : نویز عبارت است از سیگنال‌های ناخواستهٔ معین یا تصادفی که در داخل یا خارج سیستم تولید می‌شود. حرارت یکی از عوامل تولید نویز داخلی است که در داخل سیستم تولید می‌شود و روی آن اثر می‌گذارد.

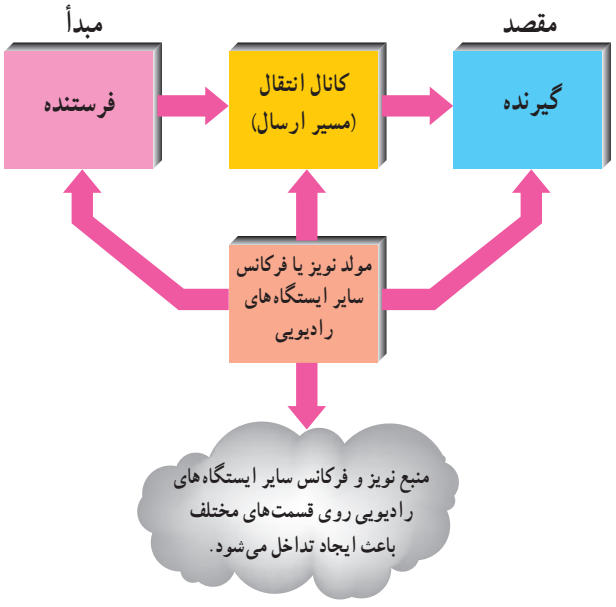
از منابع نویز خارجی می‌توان منابع انسانی، فرستنده‌های دیگر، مدارهای کلید زنی و جرقه‌زنی، خطوط ولتاژ قوی برق شهر و ... را نام برد.

د) تداخل (Interference) : تداخل به معنی تأثیرگذاری فرکانس‌های ناخواستهٔ منابع نویز قوی یا فرکانس‌های رادیویی مختلف روی یک‌دیگر در سیستم‌های مخابراتی است. سیگنال‌های رادیویی می‌تواند مربوط به دو ایستگاه رادیویی یا یک ایستگاه رادیویی و یک منبع نویز قوی باشد. اصطلاحاً منبع نویز قوی را پارازیت می‌نامند. در شکل ۷ــ۱ــ الف تداخل سیگنال ایستگاه رادیویی و منبع نویز قوی نشان داده شده است. در شکل ۷ــ۱ــ ب بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده و محل تأثیر نویز را روی بلوک‌ها مشاهده می‌کنید.



تداخل ایستگاه رادیویی و منبع نویزی قوی

الف ــ اثر نویز روی سیگنال



ب ــ بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده و اثر تداخلی نویز و سایر فرکانس‌های ایستگاه‌های رادیویی

شکل ۷ــ۱ــ عناصر سیستم مخابراتی و تأثیر منبع نویز و فرکانس سایر ایستگاه‌های رادیویی روی قسمت‌های مختلف آن

۲ـ۱ـ الگوی پرسش

کامل کردنی

۱ــ در گفتگوی بین دو انسان، دهان انسان به عنوان ..... و گوش انسان دیگر به عنوان ..... عمل می‌کند.

صحیح یا غلط

۲ــ MMS پیام کوتاه نوشتاری است.

صحیح ☐ غلط ☐

چهارگزینه‌ای

۳ــ به تغییرشکل نامطلوب سیگنال چه می‌گویند؟

۱ــ Power Loss (تضعیف)

۲ــ Noise (اغتشاش)

۳ــ Distortion(اعوجاج)

۴ــ Interference (تداخل)

تشریحی

۴ــ ساده‌ترین سیستم مخابراتی را در دو سطر شرح دهید.

۵ــ کانال ارتباطی را تعریف کنید و برای آن چند مثال بزنید.

۶ــ اصطلاحات Transmitter و message، channel، VMS و SMS، MMS را معنی کنید و برای هریک مثالی بزنید.

۳ـ۱ـ دسته‌بندی فرکانس‌ها

۱ـ۳ـ۱ـ علل دسته‌بندی فرکانس و واحدهای آن:

فرکانس‌های مختلف در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی رفتارهای متفاوتی را از خود نشان می‌دهند. همین رفتار متفاوت است که برای هر مورد کاربرد ویژه‌ای را فراهم می‌کند. بدین سبب، فرکانس‌ها را در طبقات متفاوت دسته‌بندی می‌کنند. قبل از آشنایی با دسته‌بندی فرکانس‌ها لازم است با واحدهایی که برای اندازه‌گیری فرکانس به کار می‌رود آشنا شوید. در جدول ۱ــ۱ این واحدها را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱ــ۱ــ واحدهای فرکانس

واحد	نماد	زبان اصلی	تعریف خلاصه	با نماد $10^{\times}$
هرتز	Hz	Hertz	یک سیکل در ثانیه	10^{0} Hz = 1Hz
کیلوهرتز	KHz	Kilohertz	هزار سیکل در ثانیه	10^{3} Hz
مگاهرتز	MHz	Megahertz	یک میلیون سیکل در ثانیه	10^{6} Hz
گیگاهرتز	GHz	Gigahertz	بیلیون (میلیارد) سیکل در ثانیه	10^{9} Hz
تراهرتز	THz	Terahertz	یک تریلیون سیکل در ثانیه	10^{12} Hz

۲ـ۳ـ۱ـ دسته‌بندی عمومی فرکانس‌ها: تنوع تقسیم‌بندی فرکانس بسیار زیاد است. در این فصل بیشتر به تقسیم‌بندی کلی فرکانس‌ها با تأکید روی فرکانس‌های رادیویی می‌پردازیم. در جدول ۲ــ۱ تقسیم‌بندی عمومی حدود فرکانس‌های مختلف آمده است.

جداول ۲ــ۱، ۳ــ۱ و شکل ۸ ــ۱ که مربوط به دسته‌بندی فرکانس‌ها است از منابع مختلف و با توجه به استانداردهای متفاوت ارائه شده است. این جداول در کتاب‌های مختلف دارای تنوع و تفاوت هستند.

جدول ۲ــ۱ــ دسته‌بندی عمومی فرکانس

ردیف	محدودهٔ فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد به زبان انگلیسی	
۱	صفر	ولتاژ وجریان DC	DC voltage and current	
۲	۱۰Hz – ۱ KHz	خطوط انتقال قدرت	Power Transmittion	
۳	۲۰Hz – ۲۰ KHz	شنوایی	Audio	
۴	۲۰KHz – ۲MHz	ماورای صوت (فراصوت)	Ultra Sonic	
۵	۳MHz – ۳۰۰GHz	رادیو	Radio	
۶	۵۰Hz – ۵MHz	ویدیو (تصویر)	Video	
۷	۱THz – ۴۳۰THz	اشعهٔ مادون قرمز	Infrared	این محدوده فرکانسی کاربرد فیزیولوژیکی دارد
۸	۴۳۰THz – ۱۰۰۰THz	نور مرئی	Visible Light	
۹	۱۰۰۰THz – ۶×۱۰^{۴} THz	اشعهٔ ماورای بنفش	Ultra Violet	
۱۰	۶×۱۰^{۴} THz – ۳×۱۰^{۷} THz	اشعهٔ X (نرم تا سخت)	X Ray (Soft to hard)	
۱۱	۳×۱۰^{۷} THz – ۵×۱۰^{۸} THz	اشعهٔ گاما	Gama Ray	
۱۲	۵×۱۰^{۸} THz – ۸×۱۰^{۹} THz	اشعهٔ کیهانی	Cosmic Ray	

منبع کتاب Electronic communication by: Adamson

نکتهٔ مهم(۱) : اعداد مندرج در جدول جنبهٔ آشنایی دارد و نیازی نیست آنها را به‌خاطر بسپارید. تنها با استفاده از جدول باید بتوانید محدوده‌های فرکانسی را پیدا کنید.

نکتهٔ مهم (۲) : یادگیری و به‌خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی داده شده در جدول الزامی است.

در شکل ۸ ــ ۱ نمونه‌ای از موارد کاربرد فرکانس‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.

۳ـ۳ـ۱ـ تقسیم بندی فرکانس ها با روشی دیگر:

فرکانس‌های کم و فرکانس‌های رادیویی را به محدوده‌های کوچک‌تری نیز تقسیم می‌کنند که حالت عمومی دارد. در این روش هر محدوده را باند (Band) فرکانسی می‌نامند. در جدول ۳ــ۱ این نوع تقسیم‌بندی را آورده‌ایم. توجه داشته باشید که در این روش تقسیم‌بندی فرکانس‌ها با حاصلضرب عدد ۳ در توان‌های صحیح عدد ۱۰ انجام شده است.

شکل ۸ ــ ۱ــ نمونه‌هایی از موارد کاربرد فرکانس‌های مختلف

جدول ۳ــ۱ــ تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی با ضرایب ده از عدد ۳

ردیف	محدودهٔ فرکانس	نام باند	نماد (علامت)	نام باند به زبان اصلی	
۱	۳ــ ۳۰ Hz	بی‌نهایت کم	ELF	Extremely Low Frequency	
۲	۳۰ــ ۳۰۰ Hz	فوق‌العاده کم	SLF	Supper Low Frequency	
۳	۳۰۰ــ ۳۰۰۰ Hz	خیلی‌خیلی کم	ULF	Ultra Low Frequency	
۴	۳ــ ۳۰ KHz	خیلی کم	VLF	Very Low Frequency	
۵	۳۰ــ ۳۰۰ KHz	کم	LF	Low Frequency	فرکانس‌های رادیویی
۶	۳۰۰KHz ــ ۳ MHz	متوسط	MF	Medium Frequency	
۷	۳ــ ۳۰ MHz	زیاد	HF	High Frequency	
۸	۳۰ــ ۳۰۰ MHz	خیلی زیاد	VHF	Very High Frequency	
۹	۳۰۰MHz ــ ۳ GHz	خیلی خیلی زیاد	UHF	Ultra High Frequency	
۱۰	۳GHz ــ ۳۰ GHz	فوق‌العاده زیاد	SHF	Supper High Frequency	
۱۱	۳۰ــ ۳۰۰ GHz	بی‌نهایت زیاد	EHF	Extra High Frequency	

منبع جدول ۳ـ۱ سایت اینترنتی مرتبط

نکتهٔ مهم (۱): اعداد مندرج در جدول جنبهٔ آشنایی دارد و نیازی نیست آنها را به خاطر بسپارید. تنها با استفاده از جدول باید بتوانید محدوده‌های فرکانسی را پیدا کنید.

نکتهٔ مهم (۲): فراگیری و به خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی مفاهیم و اختصارات داده شده در قسمت ۴ــ۳ــ۱ الزامی است. این اصطلاحات و علائم اختصاری (نماد) آن‌ها به زبان انگلیسی در جداول ۲ــ۱ و ۳ــ۱ آمده است.

برای هنرجویان علاقه‌مند

موارد ابتکاری برای خلاقیت :

یک یا چند نمونه گیرندهٔ رادیویی موجود را انتخاب کنید. سپس موارد زیر را مشخص کنید :

۱ ــ تصویر صفحهٔ مدرج رادیو را همراه با مشخصات دقیق آن رسم کنید.

با توجه به اطلاعات بند (۱) تعیین کنید :

۲ ــ رادیو چند موج است و چه موج‌هایی را دارد.

۳ ــ محدودهٔ طیف فرکانسی هر موج رادیویی را به‌دست آورید.

۴ ــ در صورتی که گیرندهٔ رادیوی موردنظر دارای سامانهٔ انتخاب ایستگاه دیجیتالی است محدودهٔ فرکانسی هر باند را از طریق جست‌وجوی ایستگاه‌ها تعیین کنید.

۴ـ۳ـ۱ـ محدوده‌های فرکانسی که باید به خاطر بسپارید:

الف) سیگنال DC : که فرکانس آن صفر است و بیشتر به‌عنوان منبع انرژی در دستگاه‌های مختلف استفاده می‌شود.

ب) فرکانس‌های ده هرتز تا یک کیلوهرتز : این فرکانس‌ها در مولدهای قدرت و خطوط انتقال در نیروگاه‌ها استفاده می‌شود (شکل ۹ــ۱).

ج) فرکانس‌های صوتی AF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد و محدودهٔ گویش و شنوایی انسان را دربرمی‌گیرد.

د) امواج اولتراسونیک یا ماورای صوت : این امواج درمحدودهٔ ۲۰ کیلوهرتز تا ۲ مگاهرتز قرار دارد و بیشتر در دستگاه‌های کنترل از راه دور (Remote Control) استفاده می‌شود. در شکل ۱۰ــ۱ نمونهٔ دیگری ازکاربرد امواج اولتراسونیک نشان داده شده است.

شکل ۹ــ۱ــ کاربرد فرکانس‌های ۱۰هرتز تا یک کیلو هرتز در خطوط انتقال فشار قوی ۵۰ هرتز

شکل ۱۰ــ۱ــ کاربرد امواج اولتراسونیک در ارتفاع‌سنج

هـ) فرکانس‌های تصویر یا ویدئو : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۵۰ هرتز تا ۵ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های تصویر یا ویدئو را در تلویزیون تشکیل می‌دهد.

و) فرکانس‌های رادیویی خیلی کم VLF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۳ کیلوهرتز تا ۳۰ کیلوهرتز قرار دارد و امروزه به عنوان سیگنال رادیویی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

ز) فرکانس‌های رادیویی کم LF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۳۰ کیلوهرتز تا ۳۰۰ کیلوهرتز قرار دارد و به LF مشهور است. این محدودهٔ فرکانسی در گیرنده‌های قدیمی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

ح) فرکانس‌های رادیویی متوسط MF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد و باند موج متوسط رادیو را پوشش می‌دهد.

ط) فرکانس‌های رادیویی زیاد HF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۳ تا ۳۰ مگاهرتز قرار دارد و معمولاً موج کوتاه رادیو را تشکیل می‌دهد.

ی) فرکانس‌های رادیویی خیلی زیاد VHF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ فرکانسی ۳۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های رادیویی آماتوری و کانال‌های تلویزیونی را تشکیل می‌دهد.

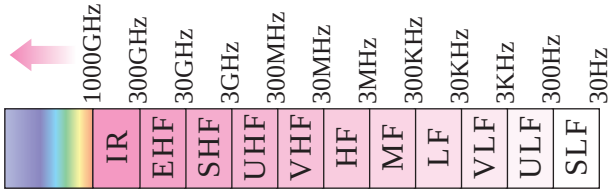
ک) فرکانس‌های رادیویی خیلی خیلی زیاد UHF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳ گیگاهرتز قرار دارد و کانال‌های UHF تلویزیونی، موبایل و ... را تشکیل می‌دهد.

ل) فرکانس‌های رادیویی فوق‌العاده زیاد SHF : محدودهٔ فرکانسی این باند در حدفاصل ۳ گیگاهرتز تا ۳۰ گیگاهرتز قرار دارد.

م) فرکانس‌های رادیویی بی‌نهایت زیاد EHF : این فرکانس‌ها در محدودهٔ ۳۰ گیگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز قرار دارد. فرکانس‌های SHF و EHF معمولاً باند میکروویو را تشکیل می‌دهد.

ن) امواج نورانی : فرکانس‌های بیشتر از ۱۰۰۰ گیگاهرتز از محدودهٔ امواج رادیویی خارج شده و طیف امواج نورانی مرئی و غیرمرئی را تشکیل می‌دهد. بیشترین فرکانس را اشعهٔ کیهانی دارد که در محدودهٔ ۵×۱۰^{۲۰} هرتز تا ۸×۱۰^{۲۱} هرتز قرار می‌گیرد.

در شکل ۱۱ــ۱ محدودهٔ فرکانس‌های رادیویی ذکر شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱ــ۱ــ محدودهٔ فرکانس های رادیویی

۴ـ۱ـ الگوی پرسش

کامل کردنی

۱ــ فرکانس‌های تصویر یا ویدئو در محدودهٔ ..... تا ..... قرار دارد.

صحیح، غلط

۲ــ موج کوتاه رادیو در فاصلهٔ ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد. صحیح ☐ غلط ☐

چهارگزینه‌ای

۳ــ فرکانس های در محدودهٔ ۳۰GHz تا ۳۰۰GHz کدام است؟

۱) EHF ۲) SHF ۳) UHF ۴) VHF

تشریحی

۴ــ چرا فرکانس‌ها را در دسته‌بندی‌های گوناگون قرار می‌دهند؟

۵ــ محدودهٔ فرکانس‌های صوتی چه‌قدر است؟

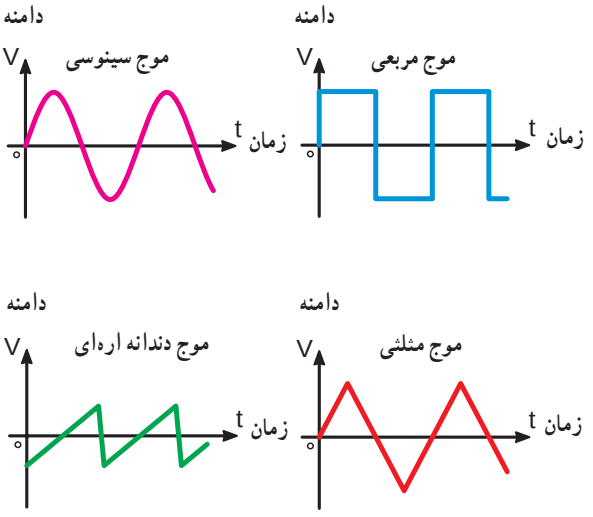
۶ــ محدودهٔ فرکانسی امواج HF چه‌قدر است و چه کاربردی دارد؟

۷ــ باند موج متوسط در چه محدودهٔ فرکانسی قرار دارد؟

کار با نرم‌افزار

ویژهٔ هنرجویان علاقمند

امواجی را که در شکل ۱۲ــ۱ نشان داده شده است، با استفاده از نرم‌افزار روی نمایشگر بیاورید. محور افقی و محور عمودی این امواج برحسب چه پارامتری است؟



ب) مشاهدهٔ شکل موج‌ها با استفاده از نرم‌افزار

الف) ترسیمی

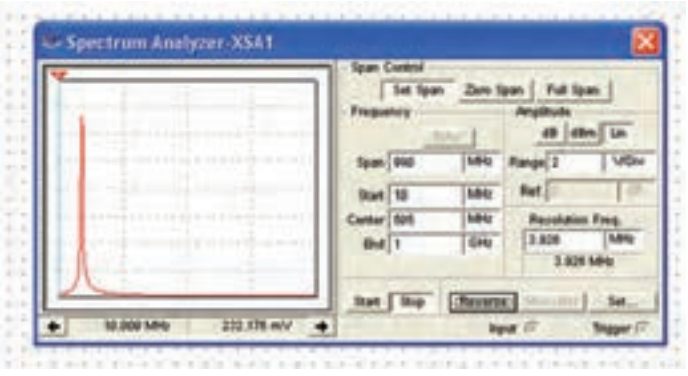
شکل ۱۲ــ۱ــ نمایش امواج متناوب در حوزهٔ زمان

در این قسمت توصیه می‌شود شکل موج‌ها به صورت نرم‌افزاری (با استفاده از نرم‌افزار multisim یا سایر نرم‌افزارها) توسط معلم روی صفحهٔ اسیلوسکوپ نشان داده شود و از هنرجویان خواسته شود این شکل موج‌ها را به صورت نرم‌افزاری خارج از محیط هنرستان تمرین کنند. نحوهٔ استفاده از نرم‌افزار در جلد اول و دوم آزمایشگاه مجازی آمده است.

۵ـ۱ـ دستگاه طیف‌نما (Spectrum Analizer)

دستگاه طیف‌نما وسیله‌ای است که توسط آن می‌توان طیف فرکانسی یا مجموعه‌ای از فرکانس‌ها را مشاهده و اندازه‌گیری کرد.

در شکل ۱۳ــ۱ــ الف، تصویر ظاهری و در شکل ۱۳ــ۱ــ ب، تصویر نرم‌افزاری یک دستگاه طیف‌نما را ملاحظه می‌کنید.

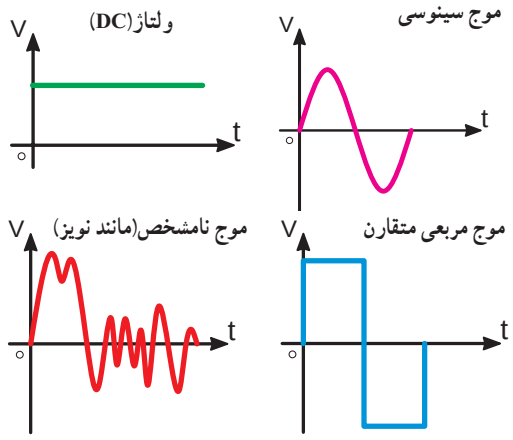


ب) تصویر یک دستگاه طیف‌نما در نرم‌افزار مولتی‌سیم

الف) تصویر یک دستگاه طیف‌نمای واقعی

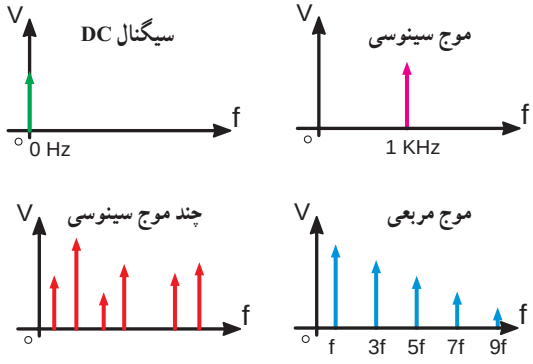
شکل۱۳ــ۱ــ تصویر واقعی و نرم‌افزاری دستگاه طیف‌نما

۱ـ۵ـ۱ـ سیگنال حوزهٔ زمان : امواجی را که تاکنون بررسی کرده‌ایم در حوزهٔ زمان بوده است به عبارت دیگر در حوزه زمان، تغییرات دامنهٔ موج را برحسب زمان نشان می‌دهیم. در حوزهٔ زمان محور افقی برحسب زمان و محور قائم بر حسب دامنه است در شکل ۱۴ــ۱ چند موج را در حوزهٔ زمان نشان داده‌ایم.



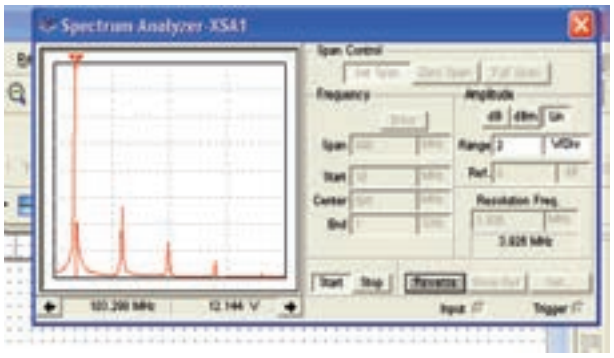
شکل ۱۴ــ۱ــ امواج در حوزهٔ زمان

۲ـ۵ـ۱ـ سیگنال حوزهٔ فرکانس : در صورتی که بخواهیم چند سیگنال سینوسی را روی یک دستگاه محورهای مختصات نشان دهیم، از حوزهٔ فرکانس استفاده می‌کنیم. در حوزهٔ فرکانس محور افقی برحسب فرکانس و محور عمودی برحسب دامنه درجه‌بندی می‌شود. در شکل ۱۵ــ۱ چهار سیگنال متفاوت را در حوزهٔ فرکانس، نشان داده‌ایم. ارتفاع هر خط قائم نشان‌دهندهٔ دامنهٔ سیگنال و تقاطع هر خط قائم با محور افقی، فرکانس آن را نشان می‌دهد. هر خط قائم را یک مؤلفه می‌نامند. مجموعهٔ فرکانس‌های نشان داده شده روی یک محور مختصات را، در حوزهٔ فرکانس، اصطلاحاً طیف فرکانسی می‌گویند.



شکل ۱۵ــ۱ــ حوزهٔ فرکانس

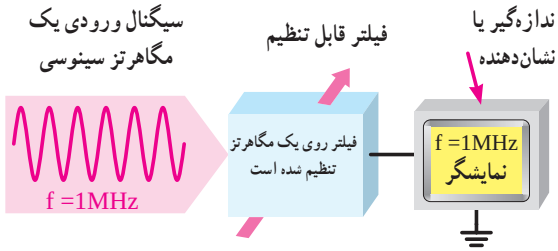
طیف فرکانسی در دستگاه طیف‌نما قابل نمایش است. شکل ۱۶ــ۱ نمایش یک نمونه طیف فرکانسی را در دستگاه طیف‌نمای موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم نشان می‌دهد.



شکل ۱۶ــ۱ــ نمایش طیف فرکانسی در نرم‌افزار مولتی‌سیم

۳ـ۵ـ۱ـ اصول کار طیف‌نما: هر موج غیرسینوسی از تعدادی موج سینوسی تشکیل می‌شود که آنها را هارمونیک (Harmonic) آن موج می‌نامند.

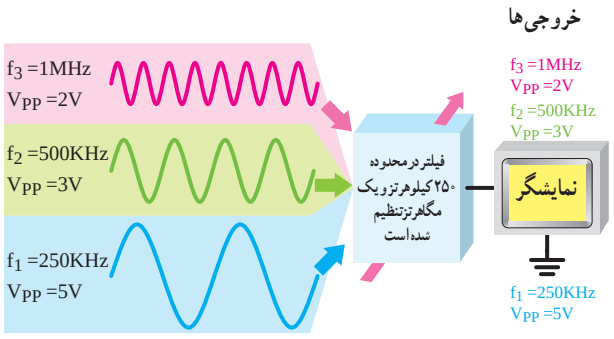
از دستگاه طیف‌نما جهت مشاهدهٔ هارمونیک‌های خروجی فرستنده‌ها و اکوآلایزر های (equalizers) صوت می‌توان استفاده کرد. در شکل ۱۷ــ۱ اصول کار دستگاه طیف‌نما را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۷ــ۱ــ اصول کار دستگاه طیف‌نما

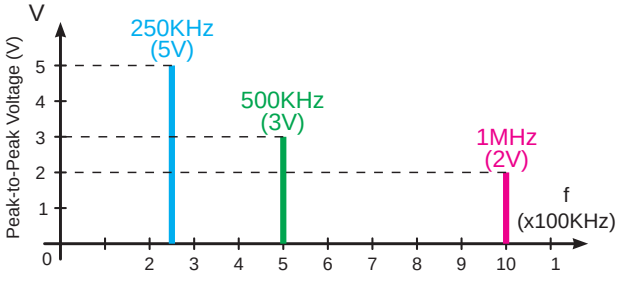
همان‌طور که مشاهده می‌شود در داخل دستگاه طیف‌نما یک فیلتر وجود دارد. فیلتر مداری است که می‌تواند یک یا چند فرکانس را از میان سایر فرکانس‌ها انتخاب کند. دربارهٔ فیلترها بعداً بیشتر بحث خواهیم کرد. در خروجی دستگاه طیف‌نما یک دستگاه اندازه‌گیری (نمایشگر) وجود دارد که کمیت موردنظر را اندازه‌گیری کرده و نشان می‌دهد.

فیلتر دستگاه طیف‌نما را می‌توان طوری تنظیم کرد که چند سیگنال سینوسی خالص را از یکدیگر جدا کند و به‌صورت مؤلفه‌هایی از فرکانس، روی صفحه نمایش دهد. مثلاً اگر هارمونیک‌های مربوط به یک موج غیرسینوسی شامل هارمونیک اصلی ۲۵۰KHz و دو هارمونیک دیگر طبق شکل ۱۸ــ۱ به ورودی دستگاه متصل شود، در صورتی که فیلترهای دستگاه طیف‌نما، بین (۲۵۰ کیلوهرتز) و ۱ مگاهرتز تنظیم شده باشد، دستگاه هرسه کمیّت را، طبق شکل ۱۹ــ۱، روی صفحه نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ــ۱ــ نمایش سه موج سینوسی روی دستگاه طیف‌نما

برای نمایش سیگنال‌های خروجی شکل ۱۸ــ۱ روی یک دستگاه محورهای مختصات، لازم است آنها را در حوزهٔ فرکانس نمایش دهیم. در دستگاه طیف‌نما، این عمل به‌طور اتوماتیک توسط مدارهای الکترونیکی انجام می‌شود. خواندن مقادیر، از روی دستگاه طیف‌نما، مشابهت زیادی با خواندن مقادیر فرکانس و ولتاژ از روی صفحهٔ اسیلوسکوپ دارد. دستگاه طیف‌نما، مقادیر ولتاژ و فرکانس را در حوزهٔ فرکانس نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ــ۱ــ نمایش چند موج سینوسی روی دستگاه طیف‌نما

در صورتی که سیگنال‌های ورودی باهم اختلاف فاز داشته باشند، دستگاه طیف‌نما فقط یک مؤلفه را نشان می‌دهد و زاویه فاز به‌نحوی روی آن یا در محلی دیگر روی صفحهٔ نمایش مشخص می‌شود.

مبنای سنجش اختلاف فاز در دفترچهٔ راهنمای استفاده از دستگاه بیان می‌شود.

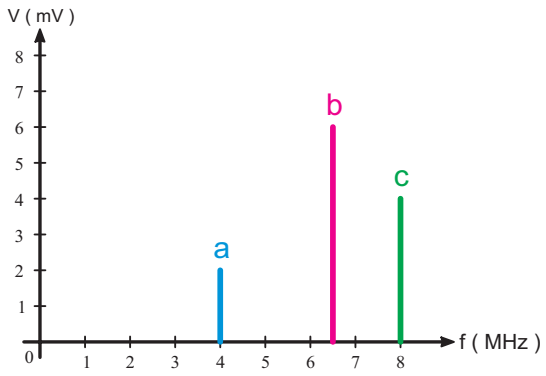
مثال ۱ـ۱

یک دستگاه طیف‌نما اطلاعات در شکل ۲۰ــ۱ را به ما می‌دهد، تعیین کنید :

الف) تعداد سیگنال‌های سینوسی و مقادیر فرکانس.

ب) کدام سیگنال سینوسی دارای بیشترین دامنه است؟

پ) کدام سیگنال سینوسی دارای کمترین دامنه است؟



شکل ۲۰ــ۱ــ طیف موج

پاسخ

الف) سیگنال سینوسی با فرکانس‌های ۴ مگاهرتز، ۶/۵ مگاهرتز و ۸ مگاهرتز.

ب) موج سینوسی ۶/۵ مگاهرتز دامنه‌ای برابر با ۶ میلی‌ولت دارد که بیشترین دامنه است.

پ) موج سینوسی ۴ مگاهرتزی دارای دامنه‌ای برابر با دو میلی ولت است که کمترین دامنه است.

۶ـ۱ـ الگوی پرسش

کامل‌کردنی

۱ــ در حوزهٔ زمان محور افقی برحسب ..... و محور عمودی برحسب ..... است.

چهارگزینه‌ای

۲ــ کدام گزینه در مورد حوزهٔ فرکانس صحیح است؟

۱) محور افقی برحسب زمان ـ محور عمودی برحسب ولتاژ

۲) محور افقی برحسب ولتاژ ـ محور عمودی برحسب فرکانس

۳) محور افقی و عمودی برحسب فرکانس

۴) محور افقی برحسب فرکانس ـ محور عمودی برحسب ولتاژ

تشریحی

۳ــ کاربرد دستگاه طیف‌نما را شرح دهید.

۴ــ اصول کار دستگاه طیف‌نما را با رسم شکل به اختصار بنویسید.

۵ــ نمودارهای روی دستگاه طیف‌نما، چه پارامترهایی را نشان می‌دهد؟

۶ــ ترسیم امواج در حوزهٔ فرکانس را با رسم شکل توضیح دهید.

۷ــ طیف فرکانسی را با توجه به حوزهٔ فرکانس تعریف کنید.

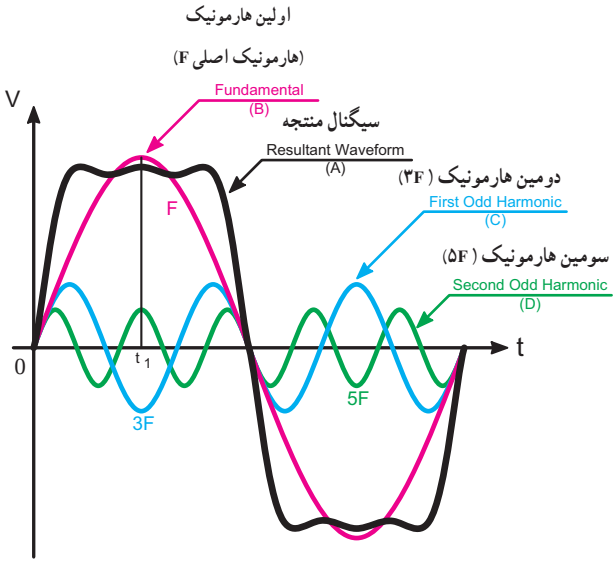
۷ـ۱ـ نمایش موج مربعی روی دستگاه طیف‌نما

در صورتی که یک موج مربعی با فرکانس یک مگاهرتز به ورودی دستگاه تزریق کنیم، تعدادی مؤلفه سیگنال سینوسی، روی صفحهٔ دستگاه ظاهر می‌شود. فرکانس این امواج، به ترتیب برابر F_A، $3F_A$ ، $5F_A$ و $7F_A$ خواهد شد. به عبارت دیگر اگر F_A برابر با ۱MHz باشد، هارمونیک‌ها به ترتیب برابر با ۱ مگاهرتز، ۳ مگاهرتز، ۵ مگاهرتز، ۷مگاهرتز و ... است. این فرکانس‌ها مضرب فردی از فرکانس اصلی‌اند. مضرب‌های فرد و زوج از فرکانس اصلی را در اصطلاح هارمونیک (Harmonic) می‌نامند. چون در موج مربعی هارمونیک‌ها مضرب‌های فردی از فرکانس اصلی هستند آنها را «هارمونیک فرد» می‌گویند. هر موج مربعی خالص، از بی‌نهایت هارمونیک فرد تشکیل شده است. از جمع لحظه‌ای دامنه‌های هارمونیک‌ها، سیگنال اصلی به‌دست می‌آید. در شکل ۱۹ــ۱ موج مربعی با سه هارمونیک آن نشان داده شده است. در لحظهٔ t_1 دامنهٔ سیگنال A از جمع لحظه‌ای دامنهٔ سیگنال‌های B و C و D به دست آمده است.

$$A_{(t_1)} = B_{(t_1)} + C_{(t_1)} + D_{(t_1)} \quad \text{دامنه}$$

چون دامنهٔ C منفی است، لذا در رابطهٔ بالا مقدار C را منفی درنظر می‌گیریم.

همان‌طورکه مشاهده می‌شود به علت کافی نبودن تعداد هارمونیک‌ها، موج مربعی به دست آمده دارای اعوجاج است. اثبات شده است که دامنهٔ هارمونیک‌ها با افزایش فرکانس کاهش می‌یابد.[۱]



شکل ۲۱ــ۱ــ موج مربعی و هارمونیک‌های فرد آن

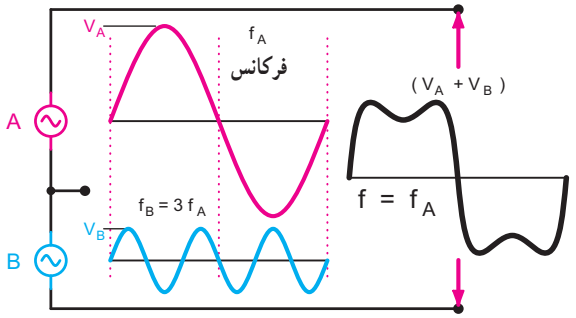
نکتهٔ مهم

در این قسمت توصیه می‌شود هنرآموز محترم این درس با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف، مفهوم هارمونیک را بدون وارد شدن به مبحث تئوری به هنرجویان آموزش دهد و آنان را به استفاده از نرم افزارهای مرتبط تشویق نماید. در شکل ۲۲ــ۱ یک نمونه کاربرد نرم‌افزار مولتی‌سیم، مرتبط با این موضوع، آمده است.

۱ــ این مطلب از طریق بسط فوریه در مقاطع تحصیلی بالاتر تدریس می‌شود.

با توجه به توضیحات یاد شده، درمی‌یابیم که هر موج غیرسینوسی از ترکیب تعدادی موج سینوسی به‌وجود می‌آید. این امواج، توسط دستگاه طیف‌نما، از یکدیگر قابل تفکیک است. هرقدر شمارهٔ هارمونیک افزایش می‌یابد، مقدار دامنه آن کم می‌شود.

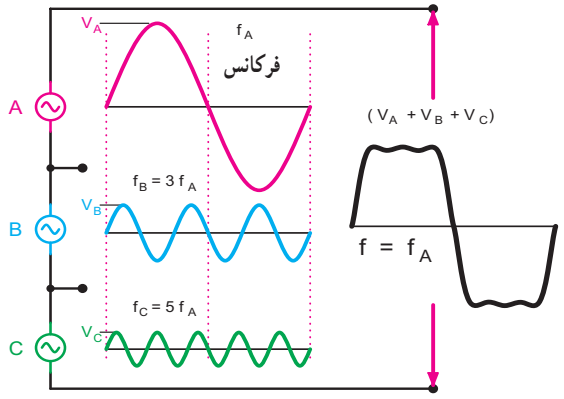
در شکل ۲۲ــ۱ ترکیبی از موج سینوسی، هارمونیک اول و هارمونیک سوم نشان داده شده است.



شکل ۲۲ــ۱ــ هارمونیک اول و سوم و مجموع آنها

در شکل ۲۳ــ۱ ترکیبی از هارمونیک اول، سوم و پنجم را مشاهده می‌کنید که به شکل موج مربعی نزدیک‌تر است.

هر قدر تعداد هارمونیک‌ها بیشتر شوند به موج مربعی اصلی نزدیک‌تر خواهیم شد.



شکل ۲۳ــ۱ــ هارمونیک اول، سوم و پنجم و مجموع آنها

۸ـ۱ـ الگوی پرسش

تشریحی

۱ــ هارمونیک را تعریف کنید.

۲ــ موج مربعی متقارن دارای چه هارمونیک‌هایی است؟

صحیح یا غلط

۳ــ یک موج مربعی متقارن از بی‌نهایت هارمونیک فرد و زوج تشکیل شده است. صحیح ☐ غلط ☐

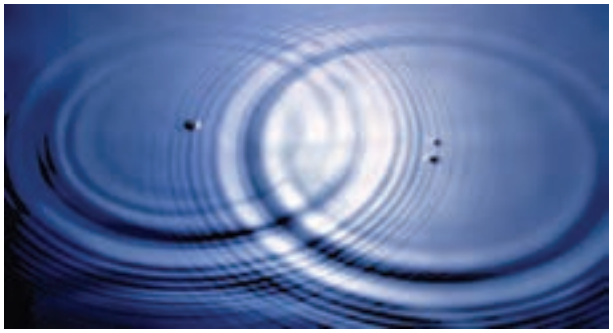
ترکیب هارمونیک‌ها و به دست آوردن موج مربعی با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم امکان‌پذیر است؛ در صورت تمایل می‌توانید آن را تجربه کنید. توجه داشته باشید که دامنهٔ هارمونیک‌ها نسبت معینی با دامنهٔ موج اصلی دارد.

تمرین برای هنرجویان علاقه‌مند

با استفاده از نرم‌افزار مولتی سیم، طیف فرکانسی انواع دیگر شکل موج‌ها مانند مثلثی، دندانه اره‌ای، مربعی نامتقارن و ... را به‌دست آورید.

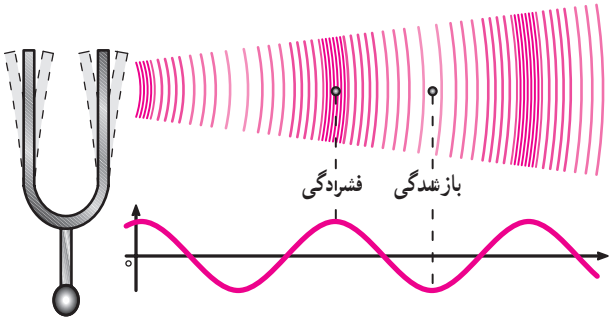
۹ـ۱ـ طیف فرکانسی صوت

۱ـ۹ـ۱ـ موج: همهٔ ما موج را می‌شناسیم. اگر سنگی را در آب حوض بیندازیم، دایره‌هایی در سطح آب پیدا می‌شود که لحظه به لحظه بزرگ‌تر می‌شود. در این‌جا موجی داریم که در سطح آب منتشر می‌شود. این موج در حقیقت اختلالی است که در سطح آب ایجاد کرده‌ایم. هرگونه اختلالی که در یک محیط منتشر می‌شود موج نام دارد. امواج می‌توانند انرژی را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل کنند (شکل ۲۴ــ۱).



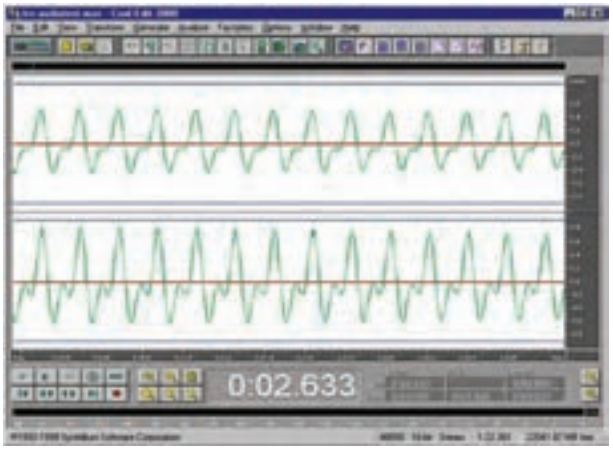
شکل ۲۴ــ۱ــ موج آب

۲ـ۹ـ۱ـ صوت چیست ؟ صوت مجموعه‌ای از ارتعاشات مکانیکی است. وقتی به یک صفحهٔ فلزی ضربه می‌زنیم مرتعش می‌شود. این ضربه لایه‌های هوا (مولکول‌های هوا) را به ارتعاش درمی‌آورد. ارتعاشات هوا به صورت موج منتشر می‌شود و به گوش ما می‌رسد. پردهٔ گوش ما ارتعاش پیدا می‌کند و مجموعهٔ دستگاه شنوایی ما از آن متأثر می‌شود و احساس شنیدن به ما دست می‌دهد. شکل ۲۵ــ۱ نحوهٔ انتشار صوت منتشر شده از یک دیاپازون[1] را در هوا نشان می‌دهد. ارتعاشات تولید شده توسط دیاپازون را که یک سیگنال سینوسی خالص است تُن[2] صوتی می‌نامند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هنگامی که دامنهٔ صوت بیشترین مقدار مثبت را دارد فرض می‌کنیم در مولکول‌های هوا بیشترین فشردگی (تراکم) و هنگامی که دامنهٔ صوت در قلهٔ منفی قرار دارد در مولکول‌های هوا کمترین فشردگی (انبساط) ایجاد شود (شکل ۲۵ــ۱).



شکل ۲۵ــ۱ــ ارتعاش تُن صوتی توسط دیاپازون

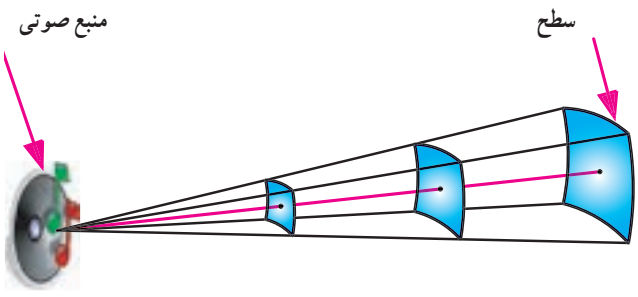
۳ـ۹ـ۱ ـ بلندی صوت : اگر به یک ظرف فلزی یا یک تار ضربه‌ای وارد کنیم و آن را به ارتعاش درآوریم، پس از مدتی احساس می‌کنیم که صوت ضعیف می‌شود. شدت و ضعف دامنهٔ صوت را که توسط حس شنوایی تشخیص داده می‌شود، بلندی صوت می‌نامند. در صورتی که صوت یک تُن سینوسی ساده باشد، دامنهٔ سیگنال صوتی را بلندی صوت می‌نامند. هر قدر مقدار این دامنه بیشتر باشد، صدا بلندتر است (شکل ۲۶ــ۱).



شکل ۲۶ــ۱ــ بلندی صوت

۴ـ۹ـ ۱ ـ انرژی صوت: همهٔ امواج از جمله امواج صوتی انرژی را از یک نقطه به نقطهٔ دیگر منتقل می‌کنند. اگر فرکانس و دامنهٔ موج صوتی دارای مقدار معینی باشد، انرژی آن نیز، مقدار مشخصی خواهد بود. مقدار انرژی به فرکانس منبع و ویژگی‌های محیطی که صوت در آن منتشر می‌شود بستگی دارد. در صورتی که افت انرژی در محیط صفر باشد، اندازهٔ انرژی موج، با مقدار کاری که منبع انجام داده، برابر است. مقدار انرژی صوتی در واحد زمان را توان صوتی می‌نامند. مقدار انرژی صوتی و توان صوتی با انرژی و توان مکانیکی قابل مقایسه است.

۵ـ۹ـ۱ ـ شدت صوت: مقدار توان صوتی در واحد سطح را شدت صوت می‌گویند. شدت صوت برحسب میکروواوات بر متر مربع یا وات بر سانتی‌متر مربع سنجیده می‌شود. شکل ۲۷ــ۱ و جدول ۴ــ۱ شدت صوت‌های مختلف را بیان می‌کند.



شکل ۲۷ــ۱ــ شدت صوت

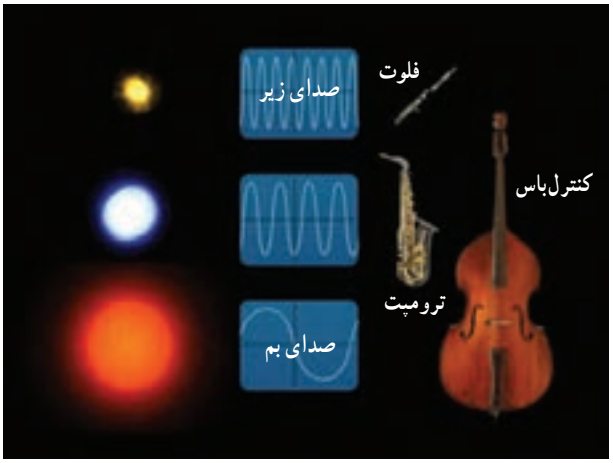
۱ــ دیاپازون یک وسیله U شکل است که با ضربه زدن به آن فرکانس‌های مختلف تولید می‌شود.

۲ــ Audio Tone یک موج سینوسی خالص است که آن را تُن صوتی می‌نامند.

جدول ۴ــ۱ــ شدت صوت‌های مختلف

وضعیت	شدت ($\mu w/m^2$)
آستانهٔ شنوایی (مبنای سنجش صوت)	10^{-6}
صدای نفس کشیدن	10^{-5}
آستانهٔ دردناکی شنوایی (موجب آزار گوش است)	10^{+6}
موتور جت (در لحظه بلند شدن هواپیما)	10^{+8}

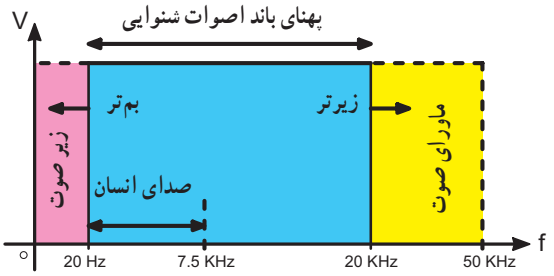
۶ـ۹ـ۱ـ ارتفاع یا آهنگ صوت: گوش انسان می‌تواند صداهای ساده‌ای را که با یک شدت احساس می‌شوند، از یکدیگر تمیز دهد. تفکیک صداها با استفاده از اصطلاحات زیر و بم صورت می‌گیرد. عاملی که زیر و بم صوت را تعیین می‌کند، ارتفاع صوت نامیده می‌شود. ارتفاع صوت بستگی به فرکانس صوت دارد. هر قدر فرکانس صوت بیشتر باشد صدا زیرتر و هر قدر فرکانس صوت کمتر باشد صدا بم‌تر است. مثلاً صدای طبل «بم» و صدای سنج «زیر» است (شکل ۲۸ــ۱).



شکل ۲۸ــ۱ــ صداهای زیر و بم و مقایسهٔ آن با نور

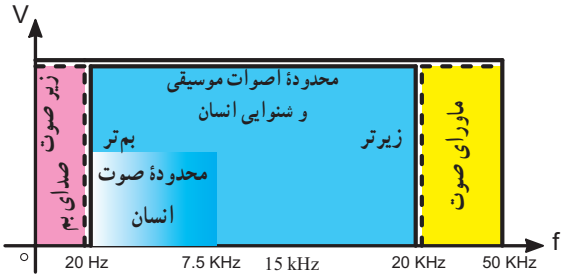
۷ـ۹ـ ۱ـ طنین صوت: هرگاه دو تار مرتعش A و B را که طول یکسانی دارند با یک شدت به ارتعاش درآوریم، تُن صوتی یکسانی را تولید می‌کنند. در صورتی که این تارهای صوتی هر کدام به طور جداگانه روی یک ابزار موسیقی، مثلاً ویلن و تار نصب شود به طوری که شرایط هر دو از نظر کشش و طول یکسان باشد، با ارتعاش هر یک از تارها صدای متفاوتی تولید می‌شود. این تفاوت مربوط به عاملی به نام طنین صوت است. صوت حاصل از یک تار صوتی یا یک دیاپازون دارای ویژگی طنین نیستند. طنین صوت زمانی به وجود می‌آید که فرکانس اصلی با هارمونیک‌های آن ترکیب شود. اصوات انسان‌ها دارای طنین‌های متفاوت‌اند، چرا که از ترکیب یک فرکانس اصلی و تعدادی هارمونیک به وجود می‌آید. محدودهٔ فرکانس‌های قابل تولید توسط حنجرهٔ انسان در فاصله ۲۰ هرتز تا حداکثر ۷/۵ کیلوهرتز است. ابزار موسیقی می‌توانند فرکانس‌هایی در محدودهٔ ۳۰ هرتز تا ۱۵ کیلوهرتز تولید کنند. محدودهٔ فرکانس‌های شنوایی انسان در فاصلهٔ ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد. محدودهٔ فرکانس‌های صوتی تولیدی و شنوایی در حیوان‌های مختلف فرق می‌کند؛ مثلاً دلفین می‌تواند فرکانس ۱۵۰ هرتز تا ۱۵۰ کیلوهرتز را بشنود و فرکانس ۷ کیلوهرتز تا ۱۲۰ کیلوهرتز را تولید کند. به همین دلیل حیوانات می‌توانند ارتعاشات قبل از وقوع زلزله را احساس و اعلام خطر کنند.

۸ ـ۹ـ۱ـ محدودهٔ فرکانس صوتی و طیف آن: در صورتی که صدای انسان را، پس از تبدیل کردن به انرژی الکتریکی، به ورودی دستگاه طیف‌نما وصل کنیم طیف فرکانسی صوت روی صفحه ظاهر می‌شود و متناسب با ترکیب صوت، فرکانس‌های متفاوتی مشاهده می‌شود. به عنوان مثال چون صدای کودک، صدای فلوت و صدای ویلن زیر است از این‌رو در طیف فرکانسی آن، تعداد مؤلفه‌های فرکانس بالا، بیشتر است. در صورتی که در صداهای بم مانند صدای مردان، صدای طبل کنترباس تعداد مؤلفه‌های فرکانس بالا کمتر است. در شکل ۲۹ــ۱ محدودهٔ طیف فرکانسی صوتی، ماورای صوت و زیر صوت ترسیم شده است. فرکانس‌های بالاتر از محدودهٔ فرکانسی صوتی را فرکانس ماورای صوت و فرکانس‌های کمتر را فرکانس‌های مادون صوت یا زیر صوت می‌نامند.



شکل ۲۹ــ۱ــ محدودهٔ طیف فرکانسی صوت، زیر صوت و ماورای صوت

در شکل ۳۰ــ۱ محدودهٔ فرکانسی یا باند فرکانسی صوت انسان که در فاصلهٔ ۲۰ هرتز تا ۷/۵ کیلوهرتز قرار دارد و محدودهٔ فرکانسی اصوات شنوایی که در فاصلهٔ ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد ترسیم شده است. این محدودهٔ فرکانسی را پهنای باند نیز می‌گویند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هر قدر فرکانس افزایش یابد صدا زیرتر و هر قدر فرکانس کاهش یابد صدا بم‌تر می‌شود. محدودهٔ فرکانس‌های شنوایی انسان برای افراد مختلف متفاوت است.

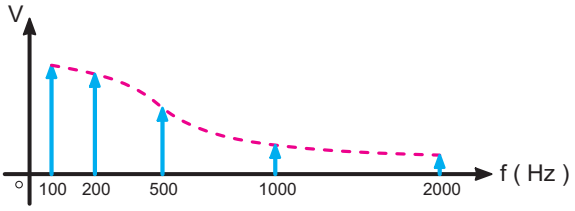


شکل ۳۰ــ۱ــ محدودهٔ فرکانسی صوت انسان

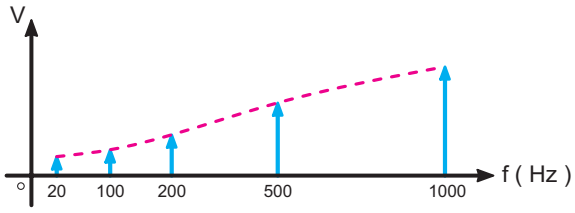
همان‌طور که قبلاً متذکر شدیم، با اضافه شدن هارمونیک‌ها به فرکانس اصلی، طنین صوت تغییر می‌کند.

تفکیک صدای افراد از طریق طنین آن امکان‌پذیر است. در شکل ۳۱ــ۱ــ الف، طیف فرکانسی صدای یک مرد (صدای بم)، در شکل ۳۱ــ۱ــ ب، طیف فرکانسی صدای یک زن یا یک کودک (صدای زیر) را، که توسط طیف‌نما نشان داده شده است، به عنوان یک نمونه ملاحظه می‌کنید.

با بررسی شکل ۳۱ــ۱ در می‌یابیم که در طیف فرکانسی صدای مرد، فرکانس‌های بالا وجود ندارد، یا اگر وجود داشته باشد دامنهٔ آن بسیار کم است. در صورتی که در طیف فرکانسی صدای کودک فرکانس‌های پایین وجود ندارد، یا در صورت موجود بودن، دامنهٔ آن بسیار پایین است. بنابراین هر قدر مقدار فرکانس افزایش یابد صدا زیرتر می‌شود.



الف ــ صدای مرد (بم)



ب ــ صدای زن یا کودک (زیر)

شکل ۳۱ــ۱ــ طیف فرکانسی صدای انسان

۱۰ـ۱ـ الگوی پرسش

۱ــ ماهیت صوت را شرح دهید.

۲ــ نحوهٔ انتشار صوت چگونه است؟

۳ــ تُن صوتی را شرح دهید.

۴ــ بلندی صوت، شدت صوت، ارتفاع صوت و طنین صوت را تعریف کنید.

۵ــ شدت صوت را با چه واحدی اندازه می‌گیرند؟

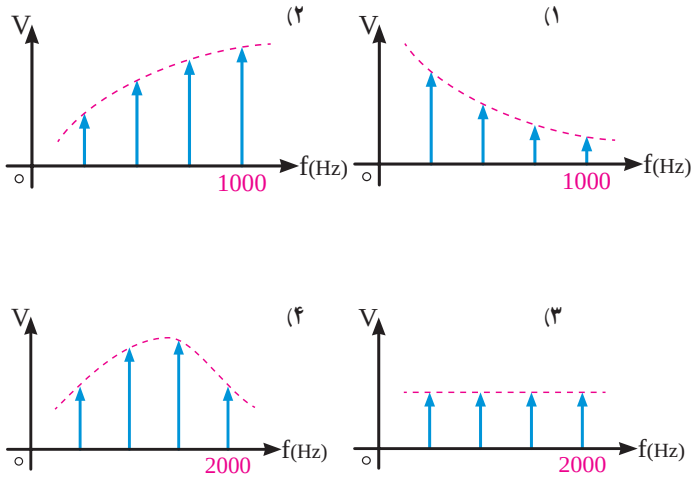
۶ــ صدای نفس کشیدن دارای شدتی برابر با چند میکروووات بر متر مربع است؟

۷ــ محدودهٔ فرکانسی گویش و شنوایی انسان چه‌قدر است؟

۸ ــ انرژی و توان صوت را تعریف کنید.

۹ــ در مورد صوت موارد مرتبط با هم را از ستون الف به ستون ب با خطوط رنگی ارتباط دهید.

الف	ب
بلندی	توان
انرژی	فرکانس
آهنگ	هارمونیک
طنین	دامنه



شکل ۳۲ــ۱

چهارگزینه‌ای

۱۰ــ طیف فرکانسی صدای تولیدشده توسط کودک کدام است؟

در این قسمت با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط یا تجهیزات آزمایشگاهی، امواج خروجی گیرندهٔ رادیو روی اسیلوسکوپ نمایش داده شود.

از «شرح حال دانشمندان» و مطالب مربوط به «دانش‌آموزان علاقه‌مند» آزمون به‌عمل نمی‌آید.