

# فصل ۱

## دسته‌بندی فرکانس‌ها و طیف فرکانسی

### هدف کلی

### آموزش پاره‌ای از اصطلاحات مخابراتی، مفاهیم و تعاریف پایه‌ای و متداول در مخابرات

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۶ ساعت آموزشی

#### زمان پیشنهادی

#### هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:

- ۱- یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی را شرح دهد. ۱۰'
- ۲- اجزای یک سیستم مخابراتی را نام ببرد. ۵'
- ۳- عوامل مؤثر در سیگنال‌های سیستم مخابراتی را شرح دهد. ۱۰'
- ۴- علل دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را شرح دهد. ۱۰'
- ۵- محدوده فرکانسی و دسته‌بندی فرکانس‌های مختلف را با استفاده از جدول یا نمودار تعیین کند. ۱۵'
- ۶- علائم اختصاری VLF ، LF ، HF ، VHF ، UHF ، SHF ، EHF را شرح دهد. ۲۰'
- ۷- مهم‌ترین باندهای فرکانسی مورد کاربرد در مخابرات رادیویی، تلویزیونی و تلفن همراه را شرح دهد. ۱۵'
- ۸- حوزه زمان و حوزه فرکانس را با ترسیم شکل شرح دهد. ۱۵'
- ۹- طیف فرکانسی را تعریف کند. ۱۵'
- ۱۰- اصول کار دستگاه طیف‌نما را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۱- موارد کاربرد دستگاه طیف‌نما را بیان کند. ۵'
- ۱۲- کمیت‌هایی را که به صورت نمودار روی دستگاه طیف‌نما ظاهر می‌شود، نام ببرد و حوزه مربوطه را مشخص کند. ۱۰'
- ۱۳- هارمونیک را تعریف کند. ۱۵'
- ۱۴- هارمونیک‌های موجود در موج مربعی متقارن را تشریح کند. ۱۵'
- ۱۵- طیف فرکانسی حاصل از اعمال موج مربعی به ورودی دستگاه طیف‌نما را ترسیم کند. ۱۵'
- ۱۶- صوت را تعریف کند و نحوه انتشار آن را شرح دهد. ۱۰'
- ۱۷- مشخصه‌های بلندی، انرژی، شدت، ارتفاع و طنین صوت را شرح دهد. ۲۰'
- ۱۸- محدوده فرکانس‌های تولیدی توسط حنجره انسان را بیان کند. ۱۰'
- ۱۹- محدوده فرکانس‌های شنوایی را شرح دهد. ۵'
- ۲۰- طیف فرکانسی صدای انسان را توضیح دهد. ۵'
- ۲۱- صدای بم و زیر را شرح دهد. ۱۵'
- ۲۲- از نرم‌افزارها و فیلم‌های مرتبط برای درک بهتر مطلب در قالب شبیه‌سازی یا مشاهده استفاده کند. ۲۰'
- ۲۳- در فرایند اجرای آموزشی متناسب با شرایط و محتوا، آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد. ۲۰'

## هدف‌های رفتاری در سیطه عاطفی

- ۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس را رعایت کند.
- ۲- تکالیف و مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
- ۳- در موقعیت‌های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
- ۴- از لوازم موجود در کلاس و هنرستان به خوبی مراقبت و نگهداری کند.
- ۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سؤالات خود را بپرسد.
- ۶- با دقت و اعتماد به نفس به سؤالات مطرح شده پاسخ دهد.
- ۷- از شوخی‌های بی‌مورد پرهیز کند.
- ۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
- ۹- توانمندی‌های خود در موقعیت‌های مناسب را بروز دهد.
- ۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- ۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.
- ۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات راهنمایی و تشویق کند.

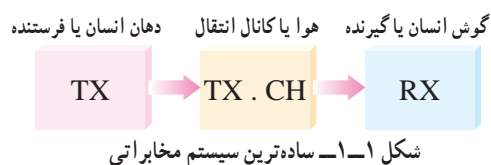
## پیشگفتار

هم‌چنین نمی‌توان از طریق دهان انسان صدایی با قدرت بسیار زیاد تولید کرد زیرا محدودیت تولید صوت توسط تارهای صوتی برای همه 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 شیء 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 فاصله ۲۴ کیلومتری مخابره کرد، آرزوی دیرینه بشر، که رؤیایی بیش نبود، تحقق یافت (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- ارتباط تلفنی

یکی از ساده‌ترین سیستم‌های مخابراتی ارسال و دریافت صدای انسان است. اجزای این سیستم در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ یک نمونه ساده سیستم مخابراتی ارسال و دریافت صوت را نشان می‌دهد. 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) فاصله بین دهان گوینده و گوش شنونده

(هوا) کانال انتقال یا محیط انتقال نامیده می‌شود

(Transs mition channel)

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 به وجود می‌آورد.

**توجه:** زندگی نامه دانشمندان مورد آزمون قرار نمی گیرد و صرفاً جهت آشنایی آمده است.

### الکساندر گراهام بل



تولد: ۱۸۴۷ میلادی، محل تولد: اسکاتلند، اختراع تلفن: ۱۸۷۶، وفات: ۱۹۲۲.  
اولین مکالمه تلفنی  
در سال ۱۸۷۶ میلادی، یک دانشمند اسکاتلندی به نام «الکساندر گراهام بل» در بوستون بر روی وسیله ای کار می کرد که امید داشت بتواند با استفاده از آن صدای انسان را انتقال دهد.  
در دهم مارس او بر روی فرستنده جدیدی کار می کرد و دستیارش «توماس واتسون» همزمان در اتاقی دیگر کنار دستگاه مشابهی قرار داشت. ناگهان اسید بر روی لباس «بل» ریخت و او فریاد زد: «آقای واتسون بیا این جا کارت دارم!»  
«واتسون» کلمات «بل» را به وضوح از طریق دستگاه شنید. «بل» اولین مکالمه تلفنی را انجام داده بود.  
در صورتی که با زندگی نامه دانشمندان موفق دنیا آشنا می شوید می توانید از آن الگوبرداری کنید و در آینده موفق شوید.

با استفاده از سیستم های جدید مخابراتی از قبیل SMS (پیام نوشتاری کوتاه Short Message System) و MMS (پیام چندرسانه ای Multimedia Message System) و VMS (پیام صوتی Voice Message System) محدودیت های ناشی از صدا، چشم و گوش انسان در حد غیر قابل تصویری کاهش یافته است. با استفاده از سیستم های جدید مخابراتی به آسانی می توانیم صدا و تصویر را از فواصل بسیار دور دریافت کنیم. شکل (۳-۱). اختراع دستگاه های سمعی و بصری (شنیداری و دیداری) سبب شده است که با هزینه بسیار کم و خیلی سریع بتوانیم اطلاعات صوتی و تصویری را ضبط و برای آینده نگهداری کنیم.

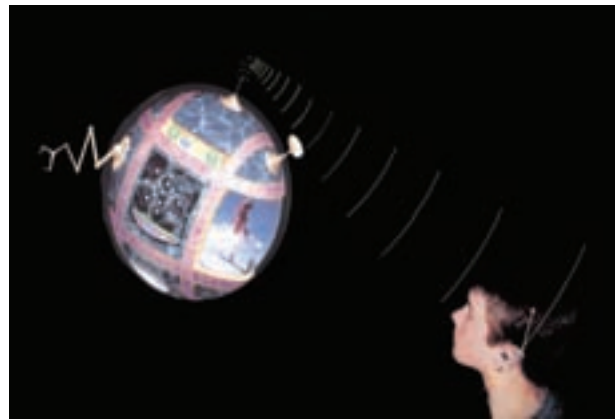
مخابرات نوری، از دیگر پدیده هایی است که وارد صنعت مخابرات شده و به تدریج جایگزین سیستم های فعلی می شود. کشف ابررسانه ها (Super Conductive) نیز راه را برای رسیدن به سیستم های جدید مخابراتی هموار می کند.

در زمان های گذشته، اگر کسی ادعا می کرد که در آینده خواهد توانست با فردی در فاصله بسیار دور مکالمه کند، بی تردید مورد تمسخر قرار می گرفت. ولی امروزه این موضوع به صورت مکالمات تلفنی راه دور به آسانی امکان پذیر است. همچنین اگر شخصی ادعا می کرد که می تواند وقایعی را که در فاصله یک هزار کیلومتری اتفاق می افتد، به طور همزمان اعلام کند، او را فردی عجیب و خارق العاده می پنداشتند و القابی نظیر پیشگو و جادوگر به او نسبت می دادند.

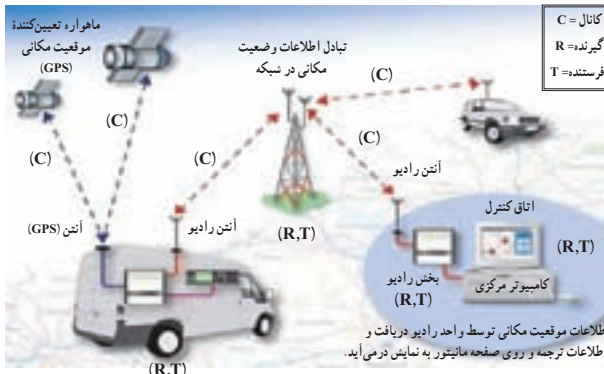
امروزه با استفاده از رادیوی جیبی یا تلویزیون های قابل حمل کوچک (portable) به آسانی می توانید از وقایع گوناگونی که در سرتاسر جهان رخ می دهد اطلاع حاصل کنید. در عصر حاضر، بشر بر محدودیت های ناشی از فاصله در ارتباطات چیره شده است، انسان با استفاده از مغز و فکر خود دستگاه هایی را ساخته است که می تواند گفتار و تصویر را به فواصل بسیار دور منتقل کند. این وسایل مورد استفاده همه جامعه قرار می گیرد، ولی تعداد بسیار کمی هستند که از نحوه کار این سیستم ها اطلاع دارند.

۱- کلمه Portable به معنی قابل حمل است که در مورد دستگاه های الکترونیکی به دستگاه های کوچک قابل حمل مانند تلفن همراه، تلویزیون های کوچک، کامپیوتر همراه

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 ۳-۱- سیستم‌های جدید مخابراتی



شکل ۴-۱- سیستم ارتباط رادیویی

## فکر کنید

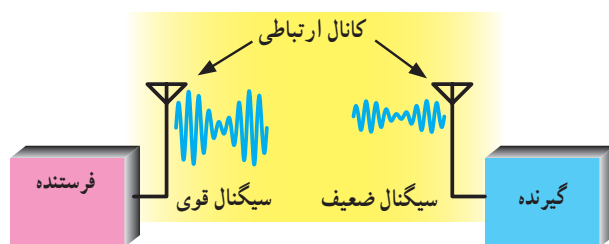
اجزای سامانه‌های مخابراتی شامل فرستنده، کانال و گیرنده را در تلویزیون و تلفن همراه نام ببرید.

### ۱-۱-۱- 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 ۵-۱).



شکل ۵-۱- تضعیف سیگنال

### ۱-۱- اجزای سیستم‌های مخابراتی و نحوه ارتباط رادیویی

هر سیستم مخابراتی دارای اجزایی به شرح زیر است:

الف) فرستنده (Transmitter)

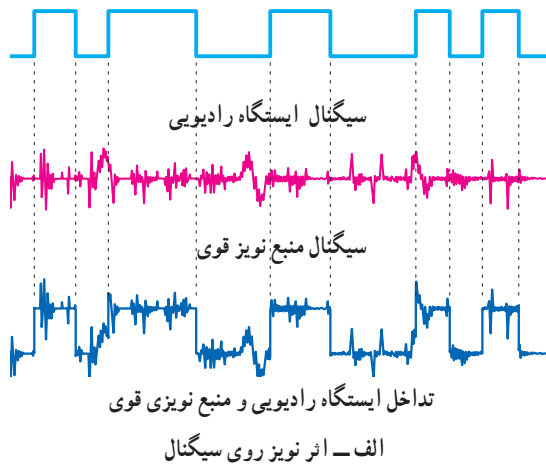
ب) کانال ارتباطی (Channel)

ج) گیرنده (Receiver)

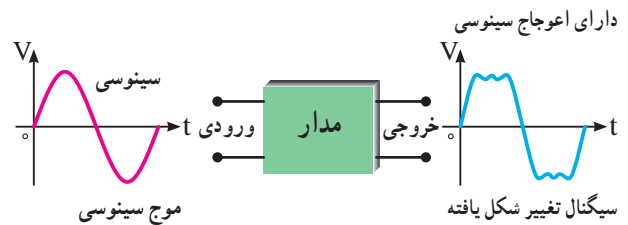
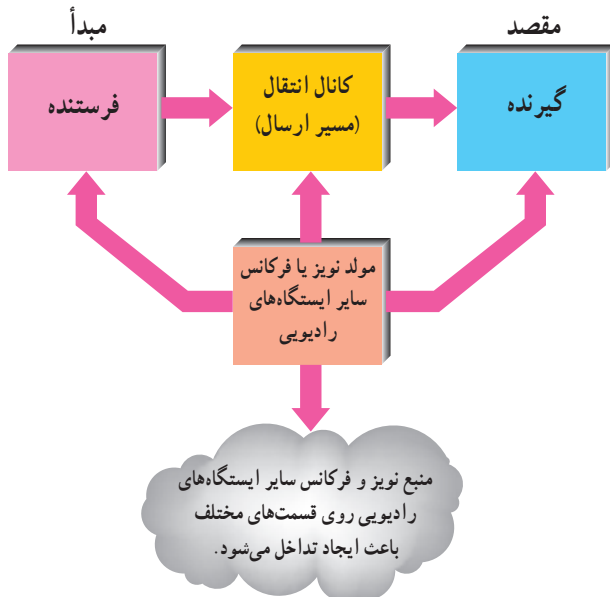
در یک سیستم مخابراتی ساده، فرستنده دهان انسان، کانال ارتباطی هوا و گیرنده، گوش انسان است.

در شکل ۴-۱ 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<sup>۱</sup> 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

۱- 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 ۱-۶. این تغییر شکل ممکن است جزئی یا کلی باشد. در صورتی که تغییر شکل سیگنال جزئی باشد، قابل جبران با هم‌سان‌سازی (equalizing) است. در صورتی که تغییر شکل سیگنال خیلی زیاد باشد، اصلاح سیگنال قابل جبران نخواهد بود. در این حالت می‌گویند اعوجاج سیگنال زیاد است.



شکل ۱-۶ در این مدار شکل موج سینوسی دچار اعوجاج شده است.

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

ج) نویز یا اغتشاش (Noise): نویز عبارت است از سیگنال‌های ناخواسته 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 کلیدزنی و جرقه‌زنی، خطوط و لناژ قوی برق شهر و ... را نام برد.

شکل ۱-۷ عناصر سیستم مخابراتی و تأثیر منبع نویز و فرکانس سایر ایستگاه‌های رادیویی روی قسمت‌های مختلف آن

د) تداخل (Interference): تداخل به معنی تأثیر گذاری فرکانس‌های ناخواسته 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 ۱-۷ الف تداخل سیگنال ایستگاه رادیویی و منبع نویز قوی نشان داده شده است. در شکل ۱-۷ ب بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده و محل تأثیر نویز را روی بلوک‌ها مشاهده می‌کنید.

## ۱-۲- الگوی پرسش

### کامل کردنی

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

### صحیح یا غلط

۲- MMS پیام کوتاه نوشتاری است.

صحیح □ غلط □

## چهارگزینه‌ای

۳- به تغییر شکل نامطلوب سیگنال چه می‌گویند؟

۱- Power Loss (تضعیف)

۲- Noise (اغتشاش)

۳- Distortion (اعوجاج)

۴- Interference (تداخل)

تشریحی

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

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

۶- اصطلاحات Transmitter، message و channel،

VMS و SMS، MMS را معنی کنید و برای هر یک مثالی

بزنید.

فرکانس به کار می‌رود آشنا شوید. در جدول ۱-۱ این واحدها را ملاحظه می‌کنید.

جدول ۱-۱- واحدهای فرکانس

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

### ۲-۳-۱- 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 ۱-۲

تقسیم‌بندی عمومی حدود فرکانس‌های مختلف آمده است.

جداول ۱-۲، ۱-۳، و شکل ۸-۱ 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.

### ۳-۱- دسته‌بندی فرکانس‌ها

#### ۱-۳-۱- 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

جدول ۱-۲- دسته‌بندی عمومی فرکانس

ردیف	محدوده فرکانس	موارد کاربرد	موارد کاربرد به زبان انگلیسی
۱	صفر	ولتاژ و جریان DC	DC voltage and current
۲	$1 \text{ Hz} - 1 \text{ KHz}$	خطوط انتقال قدرت	Power Transmittion
۳	$20 \text{ KHz} - 20 \text{ Hz}$	شنوایی	Audio
۴	$2 \text{ MHz} - 20 \text{ KHz}$	ماورای صوت (فراصوت)	Ultra Sonic
۵	$3 \text{ MHz} - 300 \text{ GHz}$	رادیو	Radio
۶	$5 \text{ MHz} - 50 \text{ Hz}$	ویدیو (تصویر)	Video
۷	$1 \text{ THz} - 430 \text{ THz}$	اشعه مادون قرمز	Infrared
۸	$430 \text{ THz} - 1000 \text{ THz}$	نور مرئی	Visible Light
۹	$1000 \text{ THz} - 6 \times 10^7 \text{ THz}$	اشعه ماورای بنفش	UltraViolet
۱۰	$6 \times 10^7 \text{ THz} - 3 \times 10^9 \text{ THz}$	اشعه X (نرم تا سخت)	X Ray (Soft to hard)
۱۱	$3 \times 10^9 \text{ THz} - 5 \times 10^8 \text{ THz}$	اشعه گاما	Gama Ray
۱۲	$5 \times 10^8 \text{ THz} - 8 \times 10^9 \text{ THz}$	اشعه کیهانی	Cosmic Ray

منبع کتاب Electronic communication by: Adamson

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

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





شکل ۸-۱- نمونه‌هایی از موارد کاربرد فرکانس‌های مختلف

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

### ۳-۳-۱- تقسیم‌بندی فرکانس‌ها 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 ۳-۱ 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.

جدول ۳-۱- تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی با ضرایب ده از عدد ۳

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

### منبع جدول ۳-۱ سایت اینترنتی مرتبط (سایت‌های مرتبط در ضمیمه آمده است)

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

**نکته مهم (۲):** فراگیری و به خاطر سپردن لغات و اصطلاحات انگلیسی داده شده در قسمت ۴-۳-۱ جدول الزامی است.

## جهت دانش آموزان علاقه‌مند

موارد ابتکاری برای خلاقیت :

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

۱- تصویر صفحه مدرج رادیو را همراه با مشخصات دقیق آن رسم کنید.

با توجه به اطلاعات بند (۱) تعیین کنید :

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

۳- محدوده طیف فرکانسی هر موج رادیویی را به دست آورید.

۴- در صورتی که گیرنده رادیوی مورد نظر دارای سامانه انتخاب ایستگاه دیجیتالی است محدوده فرکانسی هر

باند را از طریق جست‌وجوی ایستگاه‌ها تعیین کنید.

۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد و محدوده گویش و شنوایی انسان را دربرمی‌گیرد.

(د) امواج اولتراسونیک یا ماورای صوت : این امواج در محدوده ۲۰ کیلوهرتز تا ۲ مگاهرتز قرار دارد و بیشتر در دستگاه‌های کنترل از راه دور (Remote Control) استفاده می‌شود. در شکل ۱-۱ نمونه دیگری از کاربرد امواج اولتراسونیک نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- کاربرد امواج اولتراسونیک در ارتفاع‌سنج

۳-۴- محدوده‌های فرکانسی که باید به خاطر

بسیارید:

(الف) سیگنال DC : که فرکانس آن صفر است و بیشتر

به عنوان 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 ۱-۹).

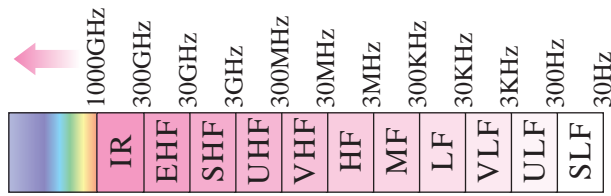
(ج) فرکانس‌های صوتی AF : این فرکانس‌ها در محدوده



شکل ۱-۹- کاربرد فرکانس‌های ۱۰ هرتز تا یک کیلوهرتز در خطوط انتقال فشار قوی ۵۰ هرتز



در شکل ۱۱-۱ محدوده فرکانس‌های رادیویی ذکر شده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۱- محدوده فرکانس‌های رادیویی

## ۱-۴- الگوی پرسش

### کامل کردنی

۱- فرکانس‌های تصویر یا ویدئو در محدوده ..... تا ..... قرار دارد.

### صحیح، غلط

۲- موج کوتاه رادیو در فاصله ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳ مگاهرتز قرار دارد.  صحیح  غلط

### چهارگزینه‌ای

۳- فرکانس‌های در محدوده ۳۰ GHz تا ۳۰۰ GHz کدام است؟

۱) EHF (۱)    ۲) SHF (۲)    ۳) UHF (۳)    ۴) VHF (۴)

### تشریحی

۴- چرا فرکانس‌ها را در دسته‌بندی‌های گوناگون قرار می‌دهند؟

۵- محدوده فرکانس‌های صوتی چه قدر است؟

۶- محدوده فرکانسی امواج HF چه قدر است و چه کاربردی دارد؟

۷- باند موج متوسط در چه محدوده فرکانسی قرار دارد؟

## کار با نرم‌افزار

ویژه هنرجویان علاقمند

امواجی را که در شکل ۱۲-۱ نشان داده شده است، با استفاده از نرم‌افزار روی نمایشگر بیاورید. محور افقی و محور عمودی این امواج برحسب چه پارامتری است؟

ه) فرکانس‌های تصویر یا ویدئو: این فرکانس‌ها در محدوده 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 محدوده 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 محدوده ۳۰ کیلوهرتز تا ۳۰۰ کیلوهرتز قرار دارد و به LF مشهور است. این محدوده فرکانسی در گیرنده‌های قدیمی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

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

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

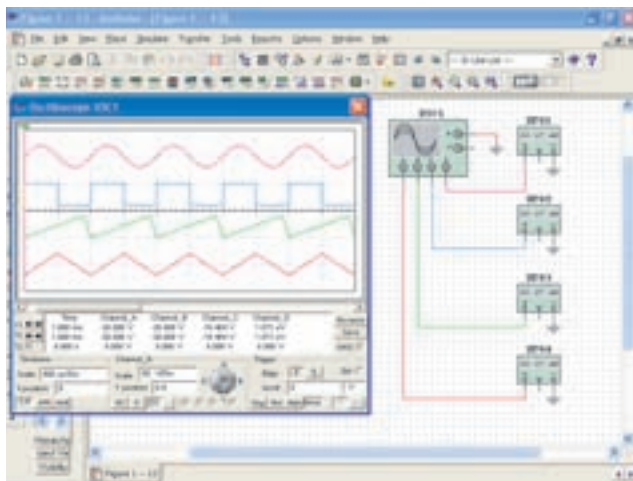
ی) فرکانس‌های رادیویی خیلی زیاد VHF: این فرکانس‌ها در محدوده فرکانسی ۳۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ مگاهرتز قرار دارد و فرکانس‌های رادیویی آماتوری و کانال‌های تلویزیونی را تشکیل می‌دهد.

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

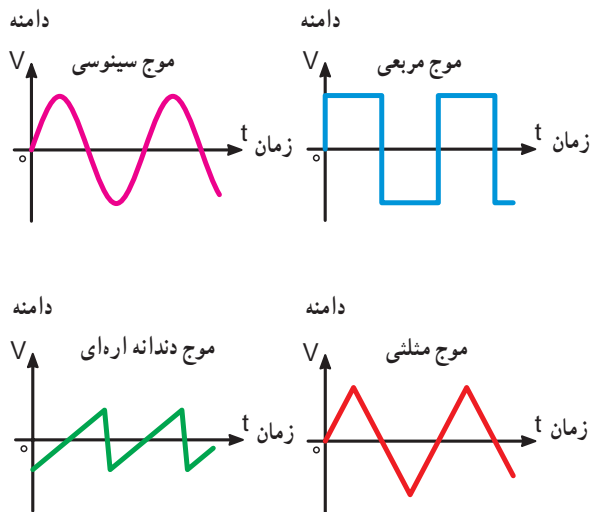
ل) فرکانس‌های رادیویی فوق‌العاده زیاد SHF: محدوده فرکانسی این باند در حدفاصل ۳ گیگاهرتز تا ۳۰ گیگاهرتز قرار دارد.

م) فرکانس‌های رادیویی بی‌نهایت زیاد EHF: این فرکانس‌ها در محدوده 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 محدوده امواج رادیویی خارج شده و طیف امواج نورانی مرئی و غیرمرئی را تشکیل می‌دهد. بیشترین فرکانس را اشعه کیهانی دارد که در محدوده  $10^{20} \times 5$  هرتز تا  $10^{21} \times 8$  هرتز قرار می‌گیرد.



ب) مشاهده شکل موجها با استفاده از نرم افزار



الف) ترسیمی

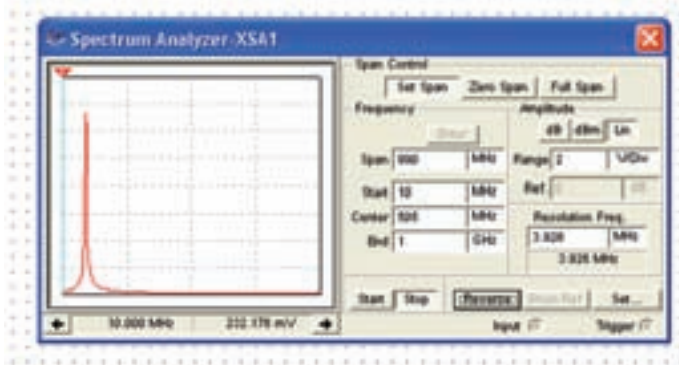
شکل ۱۲-۱. نمایش امواج متناوب در حوزه زمان

در این قسمت توصیه می‌شود شکل موجها به صورت نرم افزاری (با استفاده از نرم افزار multisim یا سایر نرم افزارها) توسط معلم روی صفحه اسیلوسکوپ نشان داده شود و از هنرجویان خواسته شود این شکل موجها را به صورت نرم افزاری خارج از محیط هنرستان تمرین کنند. نحوه استفاده از نرم افزار در جلد اول و دوم آزمایشگاه مجازی آمده است.

### ۵-۱- دستگاه طیف‌نما (Spectrum Analyzer)

در شکل ۱۳-۱ الف، تصویر ظاهری و در شکل ۱۳-۱ ب، تصویر نرم افزاری یک دستگاه طیف‌نما را ملاحظه می‌کنید.

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



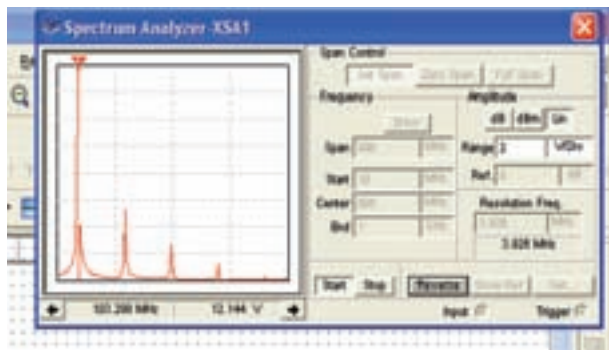
ب) تصویر یک دستگاه طیف‌نما در نرم افزار مولتی‌سیم



الف) تصویر یک دستگاه طیف‌نمای واقعی

شکل ۱۳-۱- تصویر واقعی و نرم افزاری دستگاه طیف‌نما

طیف فرکانسی در دستگاه طیف‌نما قابل نمایش است. شکل ۱۶-۱ نمایش یک نمونه طیف فرکانسی را در دستگاه طیف‌نمای موجود در نرم‌افزار مولتی‌سیم نشان می‌دهد.

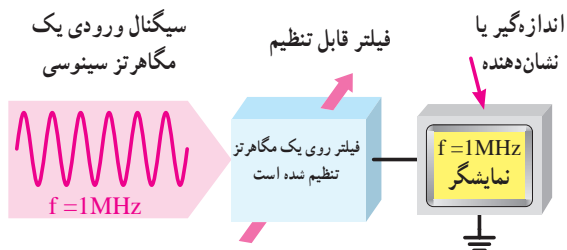


شکل ۱۶-۱ نمایش طیف فرکانسی در نرم‌افزار مولتی‌سیم

### ۱-۵-۳ اصول کار طیف‌نما: هر موج غیر سینوسی از

تعدادی موج سینوسی تشکیل می‌شود که آنها را هارمونیک Harmonic آن موج می‌نامند.

از دستگاه طیف‌نما جهت مشاهده هارمونیک‌های خروجی فرستنده‌ها و اکوآلیزرهای (equalizers) صوت می‌توان استفاده کرد. در شکل ۱۷-۱ اصول کار دستگاه طیف‌نما را مشاهده می‌کنید.

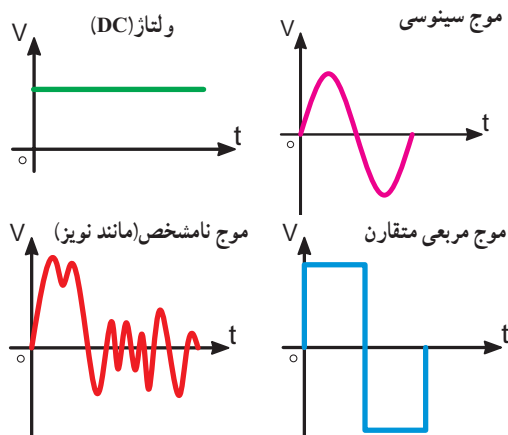


شکل ۱۷-۱ اصول کار دستگاه طیف‌نما

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. درباره 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.

### ۱-۵-۱ سیگنال حوزه زمان: امواجی را که تاکنون

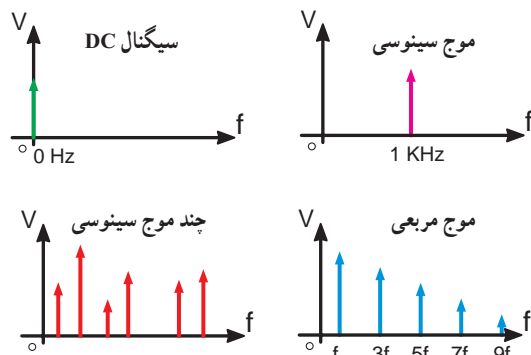
بررسی کرده‌ایم در حوزه زمان بوده است به عبارت دیگر در حوزه زمان، تغییرات دامنه موج را برحسب زمان نشان می‌دهیم. در حوزه زمان محور افقی برحسب زمان و محور قائم برحسب دامنه است در شکل ۱۴-۱ موج را در حوزه زمان نشان داده‌ایم.



شکل ۱۴-۱ امواج در حوزه زمان

### ۱-۵-۲ سیگنال حوزه فرکانس: در صورتی که بخواهیم

چند سیگنال سینوسی را روی یک دستگاه محورهای مختصات نشان دهیم، از حوزه فرکانس استفاده می‌کنیم. در حوزه فرکانس محور افقی برحسب فرکانس و محور عمودی برحسب دامنه درجه‌بندی می‌شود. در شکل ۱۵-۱ چهار سیگنال متفاوت را در حوزه فرکانس، نشان داده‌ایم. ارتفاع هر خط قائم نشان‌دهنده دامنه سیگنال و تقاطع هر خط قائم با محور افقی، فرکانس آن را نشان می‌دهد. هر خط قائم را یک مؤلفه می‌نامند. مجموعه فرکانس‌های نشان داده شده روی یک محور مختصات را، در حوزه فرکانس، اصطلاحاً طیف فرکانسی می‌گویند.



شکل ۱۵-۱ حوزه فرکانس

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 صفحه نمایش مشخص می‌شود.

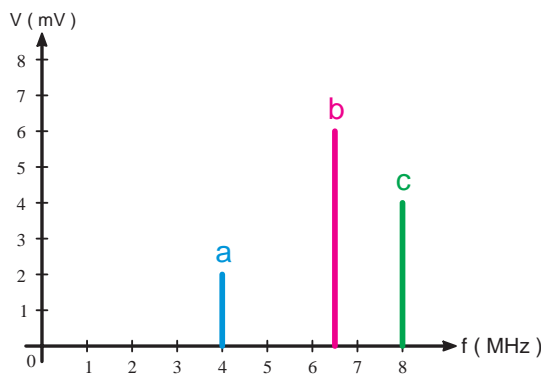
مبنای سنجش اختلاف فاز در دفترچه راهنمای استفاده از دستگاه بیان می‌شود.

### مثال ۱-۱

یک دستگاه طیف‌نما اطلاعات در شکل ۱-۲ را به ما می‌دهد، تعیین کنید:

الف) تعداد سیگنال‌های سینوسی و مقادیر فرکانس‌های آنها را.

ب) کدام سیگنال سینوسی دارای بیشترین دامنه است؟  
پ) کدام سیگنال سینوسی دارای کمترین دامنه است؟



شکل ۱-۲- طیف موج

### پاسخ

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

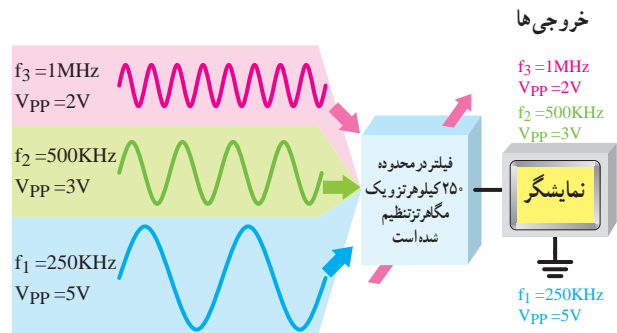
ب) موج سینوسی ۶/۵ مگاهرتز دامنه‌ای برابر با ۶ میلی‌ولت دارد که بیشترین دامنه است.

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

### ۱-۶- الگوی پرسش کامل کردنی

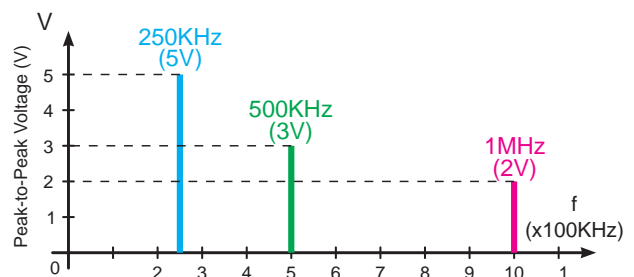
۱- در حوزه زمان محور افقی برحسب ..... و محور

فیلتر دستگاه طیف‌نما را می‌توان طوری تنظیم کرد که چند سیگنال سینوسی خالص را از یکدیگر جدا کند و به صورت مؤلفه‌هایی از فرکانس، روی صفحه نمایش دهد. مثلاً اگر هارمونیک‌های مربوط به یک موج غیر سینوسی شامل هارمونیک اصلی  $250\text{ KHz}$  و دو هارمونیک دیگر طبق شکل ۱-۱۸ به ورودی دستگاه متصل شود، در صورتی که فیلترهای دستگاه طیف‌نما، بین  $(25^\circ)$  کیلوهرتز و ۱ مگاهرتز تنظیم شده باشد، دستگاه هر سه کمیت را، طبق شکل ۱-۱۹، روی صفحه نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۸- نمایش سه موج سینوسی روی دستگاه طیف‌نما

برای نمایش سیگنال‌های خروجی شکل ۱-۱۸ روی یک دستگاه محورهای مختصات، لازم است آنها را در حوزه 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 صفحه اسیلوسکوپ دارد. دستگاه طیف‌نما، مقادیر ولتاژ و فرکانس را در حوزه فرکانس نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۹- نمایش چند موج سینوسی روی دستگاه طیف‌نما

عمودی برحسب ..... است.

### چهارگزینه‌ای

۲- کدام گزینه در مورد حوزه فرکانس صحیح است؟

(۱) محور افقی برحسب زمان - محور عمودی برحسب ولتاژ

(۲) محور افقی برحسب ولتاژ - محور عمودی برحسب فرکانس

(۳) محور افقی و عمودی برحسب فرکانس

(۴) محور افقی برحسب فرکانس - محور عمودی برحسب ولتاژ

### تشریحی

۳- کاربرد دستگاه طیف‌نما را شرح دهید.

۴- اصول کار دستگاه طیف‌نما را با رسم شکل به اختصار

بنویسید.

۵- نمودارهای روی دستگاه طیف‌نما، چه پارامترهایی

را نشان می‌دهد؟

۶- ترسیم امواج در حوزه فرکانس را با رسم شکل

توضیح دهید.

۷- طیف فرکانسی را با توجه به حوزه فرکانس تعریف

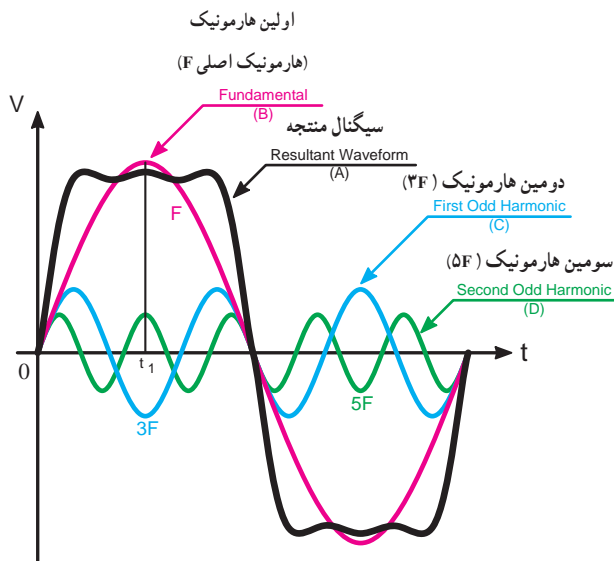
کنید.

در شکل ۱۹-۱ موج مربعی با سه هارمونیک آن نشان داده شده است. در لحظه  $t_1$  دامنه سیگنال A از جمع لحظه‌ای دامنه سیگنال‌های B و C و D به دست آمده است.

$$A(t_1) = B(t_1) + C(t_1) + D(t_1)$$

چون دامنه C منفی است، لذا در رابطه بالا مقدار C را منفی در نظر می‌گیریم.

همان‌طور که مشاهده می‌شود به علت کافی نبودن تعداد هارمونیک‌ها، موج مربعی به دست آمده دارای اعوجاج است. اثبات شده است که دامنه هارمونیک‌ها با افزایش فرکانس کاهش می‌یابد.<sup>۱</sup>



شکل ۲۱-۱- موج مربعی و هارمونیک‌های فرد آن

### ۷-۱- 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 صفحه 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 ۱ MHz باشد، هارمونیک‌ها به ترتیب برابر با ۱ مگاهرتز، ۳ مگاهرتز، ۵ مگاهرتز، ۷ مگاهرتز 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 به دست می‌آید.

### نکته 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 نرم‌افزارهای مرتبط تشویق نماید. در شکل ۲۲-۱ یک نمونه کاربرد نرم‌افزار مولتی‌سیم، مرتبط با این موضوع، آمده است.

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

## صحیح یا غلط

۳- یک موج مربعی متقارن از بی نهایت هارمونیک فرد و زوج تشکیل شده است. صحیح □ غلط □

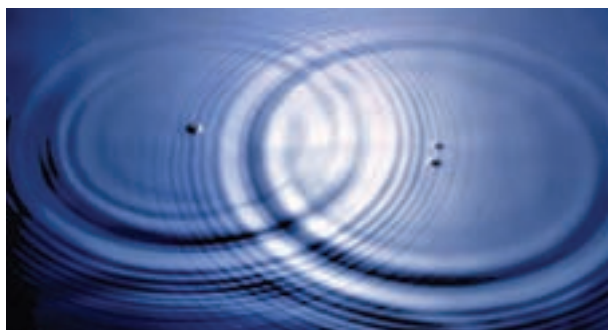
ترکیب هارمونیک‌ها و به دست آوردن موج مربعی با استفاده از نرم افزار مولتی سیم امکان پذیر است؛ در صورت تمایل می‌توانید آن را تجربه کنید. توجه داشته باشید که دامنه هارمونیک‌ها نسبت معینی با دامنه موج اصلی دارد.

## تمرین برای دانش آموزان علاقه‌مند

با استفاده از نرم افزار مولتی سیم، طیف فرکانسی انواع دیگر شکل موج‌ها مانند مثلثی، دندان‌اره‌ای، مربعی نامتقارن و ... را به دست آورید.

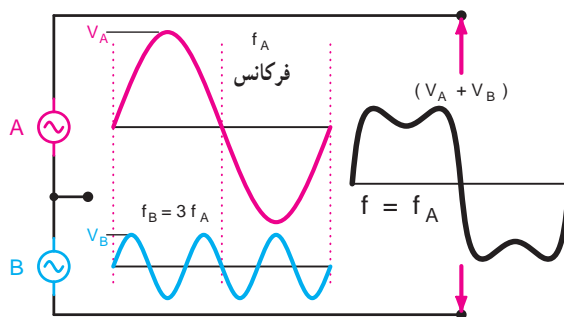
## ۹-۱- طیف فرکانسی صوت

۹-۱-۱- موج: همه ما موج را می‌شناسیم. اگر سنگی را در آب حوض بیندازیم، دایره‌هایی در سطح آب پیدا می‌شود که لحظه به لحظه بزرگ‌تر می‌شود. در این جا 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 ۱-۲۴).



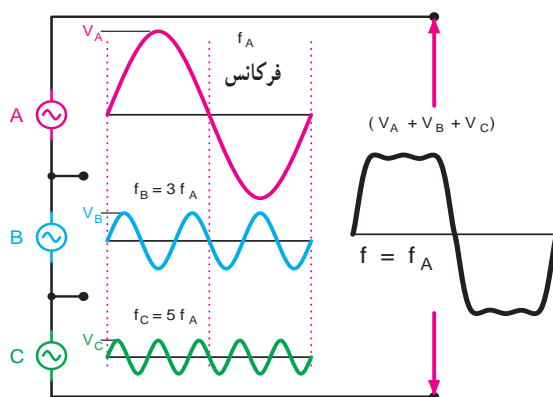
شکل ۱-۲۴- موج آب

با توجه به توضیحات یاد شده، درمی‌یابیم که هر موج غیر سینوسی از ترکیب تعدادی موج سینوسی به وجود می‌آید. این امواج، توسط دستگاه طیف‌نما، از یکدیگر قابل تفکیک است. هر قدر شماره هارمونیک افزایش می‌یابد، مقدار دامنه آن کم می‌شود. در شکل ۱-۲۲ ترکیبی از موج سینوسی، هارمونیک اول و هارمونیک سوم نشان داده شده است.



شکل ۱-۲۲- هارمونیک اول و سوم و مجموع آنها

در شکل ۱-۲۳ 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 ۱-۲۳- هارمونیک اول، سوم و پنجم و مجموع آنها

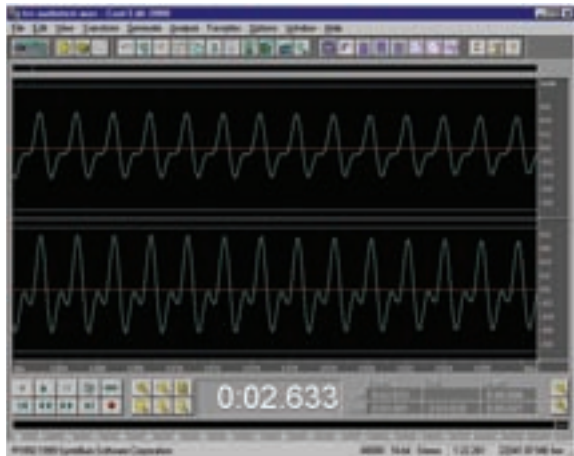
## ۸-۱- الگوی پرسش

تشریحی

۱- هارمونیک را تعریف کنید.

۲- موج مربعی متقارن دارای چه هارمونیک‌هایی است؟

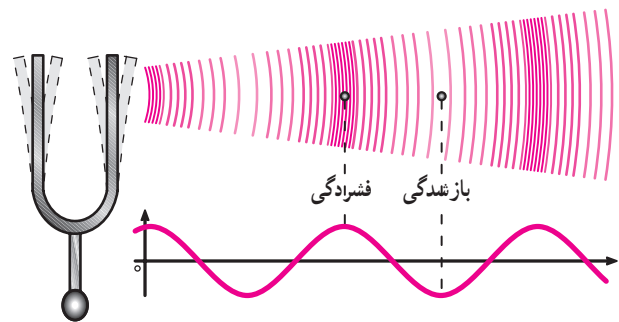




شکل ۲۶-۱- بلندی صوت

### ۲-۹-۱- صوت چیست؟ صوت مجموعه‌ای از ارتعاشات

مکانیکی است. وقتی به یک صفحه 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. پرده گوش ما ارتعاش پیدا می‌کند و مجموعه دستگاہ شنوایی ما از آن متأثر می‌شود و احساس شنیدن به ما دست می‌دهد. شکل ۲۵-۱ نحوه انتشار صوت منتشر شده از یک دیپازون<sup>۱</sup> را در هوا نشان می‌دهد. ارتعاشات تولید شده توسط دیپازون را که یک سیگنال سینوسی خالص است<sup>۲</sup> صوتی می‌نامند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، هنگامی که دامنه صوت بیشترین مقدار مثبت را دارد فرض می‌کنیم در مولکول‌های هوا بیشترین فشردگی (تراکم) و هنگامی که دامنه صوت در قله منفی قرار دارد در مولکول‌های هوا کمترین فشردگی (انبساط) ایجاد شود (شکل ۲۵-۱).



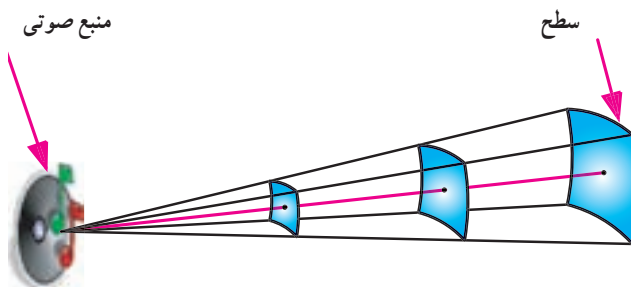
شکل ۲۵-۱- ارتعاش<sup>۱</sup> صوتی توسط دیپازون

### ۴-۹-۱- انرژی صوت: همه امواج از جمله امواج صوتی

انرژی را از یک نقطه به نقطه دیگر منتقل می‌کنند. اگر فرکانس و دامنه 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، اندازه 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.

### ۵-۹-۱- شدت صوت: مقدار توان صوتی در واحد سطح

را شدت صوت می‌گویند. شدت صوت برحسب میکرووات بر متر مربع یا وات بر سانتی‌متر مربع سنجیده می‌شود. شکل ۲۷-۱ و جدول ۴-۱ شدت صوت‌های مختلف را بیان می‌کند.



شکل ۲۷-۱- شدت صوت

### ۳-۹-۱- 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 دامنه صوت را که توسط حس شنوایی تشخیص داده می‌شود، بلندی صوت می‌نامند. در صورتی که صوت یک<sup>۱</sup> سنوسی ساده باشد، دامنه سیگنال صوتی را بلندی صوت می‌نامند. هر قدر مقدار این دامنه بیشتر باشد، صدا بلندتر است (شکل ۲۶-۱).

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

۲- Audio Tone یک موج سینوسی خالص است که آن را<sup>۱</sup> صوتی می‌نامند.

جدول ۱-۴- شدت صوت‌های مختلف

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

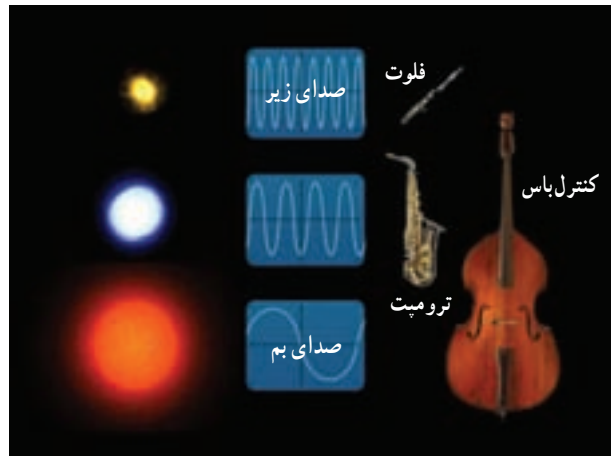
یکسانی را تولید می‌کنند. در صورتی که این تارهای صوتی هر کدام به طور جداگانه روی یک ابزار موسیقی، مثلاً ویلن و تار نصب شود به طوری که شرایط هر دو از نظر کشش و طول یکسان باشد، با ارتعاش هر یک از تارها صدای متفاوتی تولید می‌شود. این تفاوت مربوط به عاملی به نام طنین صوت است. صوت حاصل از یک تار صوتی یا یک دیافازون 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. محدوده فرکانس‌های قابل تولید توسط حنجره انسان در فاصله ۲۰ هرتز تا حداکثر ۷/۵ کیلوهرتز است. ابزار موسیقی می‌توانند فرکانس‌هایی در محدوده ۳۰ هرتز تا ۱۵ کیلوهرتز تولید کنند. محدوده فرکانس‌های شنوایی انسان در فاصله ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد. محدوده 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.

#### ۱-۹-۸- محدوده فرکانس صوتی و طیف آن :

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 ۱-۲۹ محدوده طیف فرکانسی صوتی، ماورای صوت و زیر صوت ترسیم شده است. فرکانس‌های بالاتر از محدوده فرکانسی صوتی را فرکانس ماورای صوت و فرکانس‌های کمتر را فرکانس‌های مادون صوت یا زیر صوت می‌نامند.

#### ۱-۹-۶- 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 ۱-۲۸).

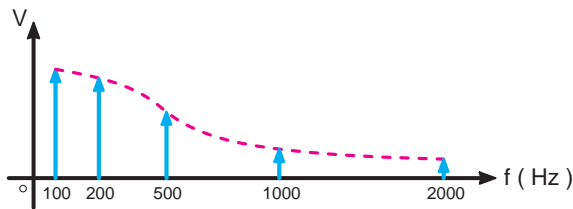


شکل ۱-۲۸- صداهای زیر و بم و مقایسه آن با نور

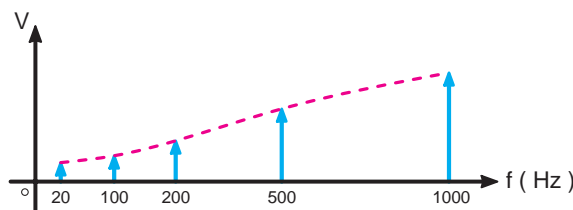
#### ۱-۹-۷- طنین صوت: هرگاه دو تار مرتعش A و B را که

طول یکسانی دارند با یک شدت به ارتعاش درآوریم، ثن صوتی

صدای کودک فرکانس‌های پایین وجود ندارد، یا در صورت موجود بودن، دامنه آن بسیار پایین است. بنابراین هر قدر مقدار فرکانس افزایش یابد صدا زیرتر می‌شود.



الف - صدای مرد (بم)



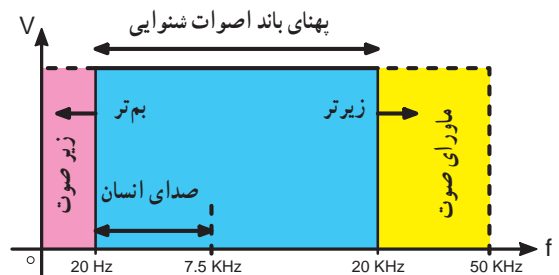
ب - صدای زن یا کودک (زیر)

شکل ۳۱-۱ - طیف فرکانسی صدای انسان

## ۱-۱۰- الگوی پرسش

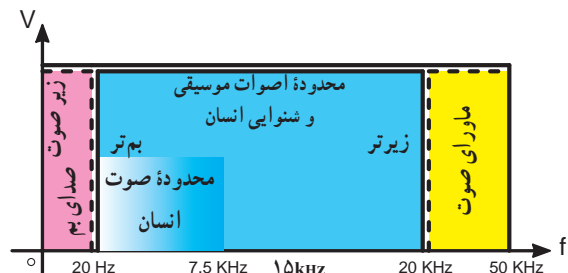
### کامل کردنی

- ۱- ماهیت صوت را شرح دهید.
- ۲- نحوه انتشار صوت چگونه است؟
- ۳- تَن صوتی را شرح دهید.
- ۴- بلندی صوت، شدت صوت، ارتفاع صوت و طنین صوت را تعریف کنید.
- ۵- شدت صوت را با چه واحدی اندازه می‌گیرند؟
- ۶- صدای نفس کشیدن دارای شدتی برابر با چند میکرووات بر متر مربع است؟
- ۷- محدوده فرکانسی گویش و شنوایی انسان چه قدر است؟
- ۸- انرژی و توان صوت را تعریف کنید.
- ۹- در مورد صوت موارد مرتبط با هم را از ستون الف به ستون ب با خطوط رنگی ارتباط دهید.



شکل ۲۹-۱ - محدوده طیف فرکانسی صوت، زیر صوت و ماورای صوت

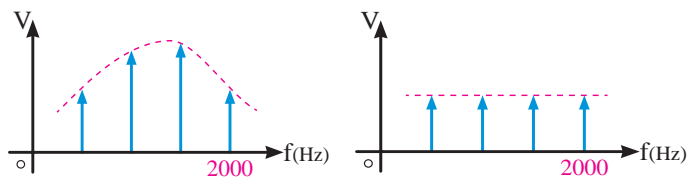
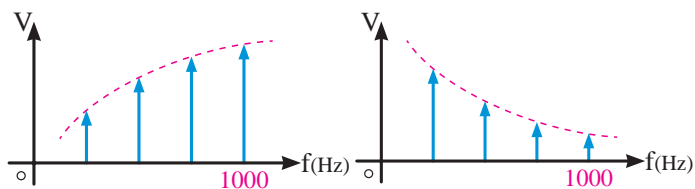
در شکل ۳۰-۱ محدوده فرکانسی یا باند فرکانسی صوت انسان که در فاصله ۲۰ هرتز تا ۷/۵ کیلوهرتز قرار دارد و محدوده فرکانسی اصوات شنوایی که در فاصله ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز قرار دارد ترسیم شده است. این محدوده فرکانسی را پهنای باند نیز می‌گویند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هر قدر فرکانس افزایش یابد صدا زیرتر و هر قدر فرکانس کاهش یابد صدا بم‌تر می‌شود. محدوده فرکانس‌های شنوایی انسان برای افراد مختلف متفاوت است.



شکل ۳۰-۱ - محدوده 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 ۳۱-۱ الف، طیف فرکانسی صدای یک مرد (صدای بم)، در شکل ۳۱-۱ 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 ۳۱-۱ در می‌یابیم که در طیف فرکانسی صدای مرد، فرکانس‌های بالا وجود ندارد، یا اگر وجود داشته باشد دامنه آن بسیار کم است. در صورتی که در طیف فرکانسی



توان	بلندی
فرکانس	انرژی
هارمونیک	آهنگ
دامنه	طنین

ب

الف

چهارگزینه‌ای

۱۰- طیف فرکانسی صدای تولیدشده توسط کودک

کدام است؟

شکل ۱-۳۲

از «شرح حال دانشمندان» و مطالب مربوط به «دانش آموزان علاقه‌مند» آزمون به عمل نمی‌آید.

در این قسمت با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط یا میز آزمایشگاهی خروجی گیرنده رادیو روی اسیلوسکوپ نمایش داده شود.