فصل ۲

خطوط انتقال ، آنتن و انتشار امواج

هدف کلی

تحلیل سادهٔ خطوط انتقال، آنتن و انتشار امواج رادیویی

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۶ساعت آموزشی

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

۱ــ اصطلاحات خطوط انتقال و آنتن را تعریف کند..... ۱۵′

۲ــ انواع خطوط انتقال را نام ببرد. ..... ۵′

۳ــ خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال را شرح دهد. ..... ۱۵′

۴ــ اجزای تشکیل دهندهٔ مدار معادل خطوط انتقال را شرح دهد. . ۵′

۵ــ مدار معادل خطوط انتقال را رسم کند. ..... ۵′

۶ــ فرمول z را شرح دهد و یک نمونه را حل کند..... ۱۰′

۷ــ امپدانس کابل کواکسیال و خط انتقال دو سیمه را مقایسه کند. ۱۰′

۸ ــ مشخصه های کابل کواکسیال را با استفاده از جدول توضیح دهد..... ۱۰′

۹ــ با استفاده از جدول بتواند مشخصه‌های کابل کواکسیال را پیدا کند..... ۱۰′

۱۰ــ اساس یک سیستم ارتباطی فیبرنوری را شرح دهد..... ۱۰′

۱۱ــ مزایای استفاده از فیبرنوری را بیان کند..... ۱۰′

۱۲ــ ساختمان اساسی یک فیبر نوری را شرح دهد. ..... ۱۰′

۱۳ــ میدان های الکتریکی و مغناطیسی آنتن را با رسم شکل شرح دهد..... ۱۵′

۱۴ــ چگونگی تشعشع امواج از آنتن را با رسم شکل شرح دهد. .. ۱۰′

۱۵ــ آنتن دی پل را شرح دهد. ..... ۱۰′

۱۶ــ منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان دی‌پل را رسم کند. ..... ۱۰′

۱۷ــ مقاومت تابشی و توان تابشی آنتن را تعریف کند. ..... ۱۰′

۱۸ــ بهرهٔ آنتن و امپدانس آنتن را توضیح دهد. ..... ۱۰′

۱۹ــ آنتن‌های مارکنی، دی‌پل خمیده، میلهٔ فریت، یاگی و بشقابی را شرح دهد. ..... ۱۵′

۲۰ــ یک نمونه آنتن یاگی را محاسبه کند. ..... ۱۵′

۲۱ــ انتشار امواج زمینی، آسمانی و فضایی را شرح دهد. ..... ۱۰′

۲۲ــ لایه‌های تشکیل دهندهٔ یونسفر را شرح دهد. ..... ۱۰′

۲۳ــ محدودهٔ فرکانس امواج زمینی، فضایی و آسمانی را بیان کند.. ۱۰′

۲۴ــ پدیدهٔ فیدینگ[1] را شرح دهد. ..... ۱۰′

۲۵ــ به منظور درک بیشتر و بهتر مطالب درسی از فیلم‌ها و نرم‌افزارهای مرتبط استفاده کند.....

۲۶ــ در خلال آموزش به سؤالات آزمون‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی پاسخ دهد..... ۲۰′

۲۷ــ هدف‌های رفتاری در حیطهٔ عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز رعایت نماید.....

۱ــ پدیدهٔ fading را در اصطلاح فارسی فدینگ یا فیدینگ می‌نامند.

پیشگفتار

نگاهی به بام ساختمان‌های اطراف بیندازید. معمولاً روی هر بام یک آنتن تلویزیون قرار دارد (شکل ۱ــ۲ــ الف). آیا هرگز فکر کرده‌اید این آنتن‌ها چه نقشی دارند؟ شاید میله‌های کم اهمیتی باشند که بودن یا نبودن آنها تأثیری در کار تلویزیون ندارد! با کمی دقت در می‌یابید که یک سیم روکش‌دار که در اصطلاح سیم آنتن یا خط انتقال نامیده می‌شود، آنتن را به دستگاه تلویزیون وصل می‌کند.

آیا هر نوع سیمی را می‌توان جای‌گزین سیم آنتن تلویزیون کرد؟ به سیم آنتن تلویزیون رنگی و تلویزیون سیاه و سفید توجه کنید، ساختمان آنها، با یکدیگر متفاوت است. سیم رابط دستگاه‌های الکتریکی مختلف از قبیل اتوی برقی، چراغ مطالعه و ... نیز با هم تفاوت دارد. علت این تفاوت در چیست؟ حتماً دلیل خاصی وجود دارد. برای درک بهتر مطلب، آزمایش ساده‌ای را انجام دهید. تلویزیون را روشن کنید و آن را روی شبکه‌ای قرار دهید که دارای برنامه باشد. سیم آنتن را که از طریق یک فیش مخصوص به تلویزیون متصل است جدا کنید. چه اتفاقی می‌افتد؟ برنامه قطع می‌شود یا گیرنده دارای برفک می‌شود. آنتن رادیوی اتومبیل را پایین بکشید. چه اتفاقی می‌افتد؟ رادیو خوب کار نمی‌کند.

روی تلویزیون‌های کوچک، گیرنده‌های رادیویی خانگی و دستگاه‌های رادیو ضبط نیز آنتن میله‌ای وجود دارد (شکل ۱ــ۲ــ ب). در صورتی که آنتن به طور صحیح تنظیم نشده باشد، کیفیت صوت یا تصویر مطلوب نخواهد بود. بنابراین آنتن نقش مهمّی در دریافت یا انتشار امواج رادیویی دارد.

امواج رادیویی چگونه منتشر می‌شود؟ آیا جابه‌جایی ملکول‌های هوا، امواج رادیویی را منتقل می‌کند؟ عملاً این طور نیست. امواج رادیویی دارای مشخصات ویژه‌ای هستند که می‌توان آنها را مشابه امواج نوری دانست.

در این فصل سعی خواهیم کرد به سؤالاتی که به خطوط انتقال، آنتن، انتشار امواج و فیبرنوری مربوط می‌شوند، به زبان ساده پاسخ دهیم.

یادآور می‌شود که بحث علمی دربارهٔ هر یک از موارد عنوان شده در این فصل به تنهایی شامل چند واحد درسی است، از این رو محتوای این فصل بیشتر جنبهٔ معرفی و آشنایی دارد، برای کسب اطلاعات بیشتر می‌توانید به مراجع متعددی که به مباحث خطوط انتقال، آنتن، انتشار امواج و فیبر نوری پرداخته‌اند، مراجعه کنید.

الف) آنتن‌های روی پشت‌بام

ب) آنتن رومیزی

شکل ۱ــ۲ــ انواع آنتن تلویزیون

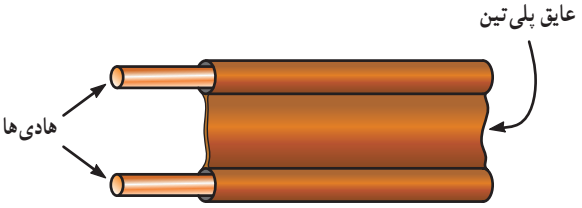
۱ـ۲ـ خطوط انتقال و انواع آن (Transmission Lines)

در فرستنده‌ها و گیرنده‌های رادیویی برای انتقال امواج رادیویی از فرستنده به گیرنده یا اتصال آنتن به دستگاه فرستنده یا گیرنده‌های رادیویی از خطوط انتقال استفاده می‌شود. خطوط انتقال در انواع خط انتقال دو سیمه (متعادل)، خط انتقال هم محور (کابل کواکسیال) موج بر و فیبر نوری ساخته می‌شود.

خط انتقال دوسیمه (Parallel wire (balanced line:

خط انتقال دو سیمه از دو سیم موازی تشکیل شده است، که فاصلهٔ بین آنها را ماده‌ای دی الکتریک مانند هوا یا نوعی پلاستیک می‌پوشاند، در شکل ۲ــ۲ــ الف، یک نمونه خط انتقال دو سیمه با عایق هوا و در شکل ۲ــ۲ــ ب، یک خط انتقال دو سیمه با عایق پُلی تین (Polythene) آمده است. در قدیم از این خطوط انتقال به‌عنوان سیم رابط آنتن تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شد. خط انتقال دو سیمه را خط انتقال متعادل نیز می‌نامند.

الف) خط انتقال دو سیمه با عایق هوا



ب) خط انتقال دو سیمه با عایق پلی‌تین

شکل ۲ــ۲ــ خط انتقال دو سیمه

خط انتقال هم محور (coaxial): خط انتقال هم محور را کابل کواکسیال یا خط انتقال نامتعادل (unbalanced line) نیز می‌نامند. از این نوع کابل به عنوان سیم آنتن، در تلویزیون‌های سیاه و سفید و رنگی استفاده می شود. اجزای تشکیل دهندهٔ کابل های هم محور به شرح زیر است : (شکل ۳ــ۲).

شکل ۳ــ۲ــ خط انتقال هم محور

الف) هادی داخلی که در مرکز کابل قرار دارد و محور کابل را تشکیل می‌دهد.

ب) هادی خارجی که معمولاً به‌صورت سیم بافته شده در سرتاسر کابل کشیده می‌شود. از این سیم، به‌عنوان حفاظ الکتریکی یا شیلد، (shield) استفاده می‌شود. این حفاظ، مانع تأثیر میدان‌های خارجی مانند نویز روی هادی داخلی کابل می‌شود. هم‌چنین از تأثیر میدان‌های تولید شده توسط هادی داخلی کابل روی دستگاه‌های دیگر جلوگیری می کند. در عمل، سیم حفاظ به شاسی دستگاه که زمین الکتریکی است، وصل می‌شود.

ج) عایق بین دو هادی داخلی و خارجی که ضریب دی الکتریک آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

د) پوشش خارجی کابل که عایق است و از نظر مکانیکی کابل را حفاظت می کند.

۲ـ۲ـ الگوی پرسش

۱ــ خط انتقال را تعریف کنید.

۲ــ چند نوع خط انتقال می‌شناسید، نام ببرید.

۳ــ اجزای تشکیل دهنده خط انتقال کواکسیال را نام ببرید.

۴ــ خطوط انتقال نامتعادل و متعادل را نام ببرید.

صحیح یا غلط

۵ــ خط انتقال هم محور را خط انتقال متعادل نیز می‌نامند. صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه‌ای

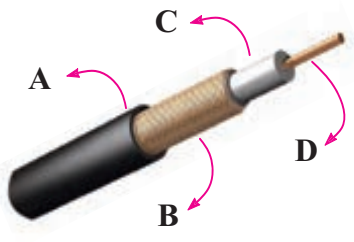
۶ــ در کابل هم محور شکل ۴ــ۲ ضریب دی‌الکتریک کدام جزء از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؟

۱ــ A

۲ــ B

۳ــ C

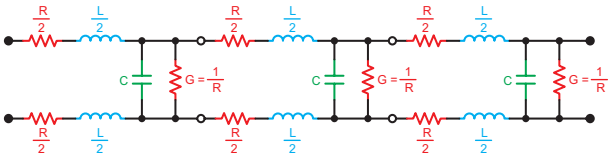
۴ــ D



شکل ۴ــ۲

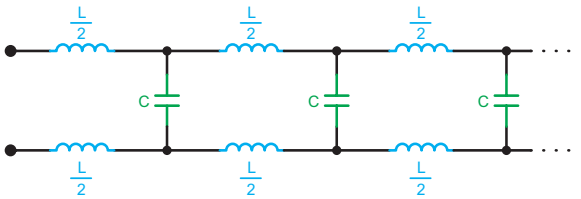
۲ـ۳ـ مدار معادل خط انتقال

مدار معادل خط انتقال بر مبنای واحد طول سنجیده می‌شود. برخلاف یک سیم معمولی، مدار معادل این خطوط، از مجموعهٔ L و R به طور سری و مجموعهٔ C و G به طور موازی تشکیل می‌شود (شکل ۵ـ۲). در این مدار شبکه RL سری مدار معادل یک خط انتقال و مدار موازی G و C اثر خازنی و هدایت الکتریکی عایق بین دو خط است.



شکل ۵ـ۲ـ مدار معادل خط انتقال

۱ـ۳ـ۲ـ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل: در فرکانس‌های بالا، اگر $X_L >> R$ و $X_C << \frac{1}{G}$ باشد. مدار معادل خط انتقال بدون اتلاف به‌دست می‌آید. این مدار را مدار معادل خط انتقال ایده‌آل می‌نامند. در شکل ۶ ـ۲ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل رسم شده است.



شکل ۶ـ۲ـ مدار معادل خط انتقال ایده آل (بدون اتلاف)

فعالیت فوق برنامه (کار گروهی)

در این مرحله هر یک از هنرجویان به منابع مختلف مراجعه کنند و در مورد انواع خطوط انتقال تصویر تهیه نمایند. به بهترین تصویر انتخابی امتیاز داده خواهد شد.

۲ـ۳ـ۲ـ امپدانس مشخصه خط انتقال: هر خط انتقال در فرکانس کار، از خود مقاومتی را نشان می‌دهد که امپدانس مشخصهٔ خط انتقال نام دارد. امپدانس مشخصهٔ خط انتقال در تمام نقاط طول خط تقریباً ثابت است و مقدار تقریبی آن برای خط انتقال ایده‌آل از رابطهٔ ۱ـ۲ به دست می‌آید.

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad ۱ـ۲$$

Z_O= امپدانس مشخصهٔ خط انتقال برحسب اهم

L= اندوکتانس سری در واحد طول خط برحسب هانری

C= ظرفیت خازنی بین دو سیم در واحد طول برحسب فاراد

مثال ۱ـ۲

امپدانس مشخصهٔ خط انتقال ایده‌آل را در حالتی که $L = ۰/۲\ \mu H$ و $C = ۴۰\ pf$ (در واحد طول) است محاسبه کنید.

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{۰/۲\times۱۰^{-۶}(H)}{۴۰\times۱۰^{-۱۲}(F)}} = ۷۰/۷\Omega$$

۴ـ۲ـ الگوی پرسش

۱ـ در چه صورت می‌توان خط انتقال را ایده‌آل در نظر گرفت؟

۲ـ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل را رسم کنید.

۳ـ منظور از امپدانس مشخصهٔ خط انتقال چیست؟ در چه طولی از خط انتقال ظاهر می‌شود؟

۴ـ نحوهٔ قرارگرفتن L، R و C را در خط انتقال شرح دهید.

کامل کردنی

۵ـ هر خط انتقال در ..... از خود مقاومتی نشان می‌دهد که ..... خط انتقال نام دارد.

صحیح یا غلط

۶ـ مدار معادل خط انتقال ایده‌آل (بدون اتلاف) را می‌توان مداری ترکیبی از L و C سری موازی درنظر گرفت.

صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه‌ای

۷ـ رابطهٔ امپدانس مشخصهٔ خط انتقال (Zo)

۱ـ رابطهٔ امپدانس مشخصه با استفاده از تئوری فیلترها محاسبه می‌شود. اثبات این رابطه، از حوزهٔ بحث ما در این کتاب خارج است.

کدام است؟

۱ـ $\frac{L}{C}$ ۲ـ $\sqrt{\frac{L}{C}}$

۳ـ $\frac{C}{L}$ ۴ـ $\sqrt{\frac{C}{L}}$

۵ ـ ۲ـ امپدانس مشخصهٔ کابل‌های آنتن تلویزیون

در عمل از خطوط انتقال دو سیمه و کابل کواکسیال به‌عنوان سیم‌های آنتن تلویزیون استفاده می‌شود. محاسبه نشان می‌دهد امپدانس مشخصهٔ خط انتقال دو سیمه حدود ۳۰۰ اهم و امپدانس مشخصهٔ کابل کواکسیال حدود ۷۵ اهم است.

در شکل ۷ـ۲، چهار نمونهٔ کابل کواکسیال را که دارای مغزی، عایق و شیلدهایی با قطرهای متفاوت‌اند، مشاهده می‌کنید.

مشخصه‌های کابل‌های کواکسیال با توجه به ابعاد آن، فرق می‌کند. درشکل (۷ـ۲) کارخانهٔ سازنده کابل‌ها را در چهار دسته به RLCF، RAY، AHF و ALF تقسیم‌بندی کرده است. هر یک از دسته‌بندی‌ها دارای ویژگی‌های مربوط به خودشان هستند و هر یک از حروف مفهوم خاصی دارد.

شکل ۷ـ۲ـ تصویری از کابل‌های کواکسیال

در جدول ۱ـ۲، برخی از مشخصات ساختاری و الکتریکی مربوط به کابل کواکسیال ALF4.4/11.ICU2y را مشاهده می‌کنید. امپدانس این کابل ۵۰ اهم، قطر سیم مغزی آن ۴/۴ میلی‌متر و قطر عایق داخلی آن ۱۱/۱mm و قطر شیلد آن ۱۱/۴ میلی‌متر و قطر عایق خارجی آن ۱۵ میلی‌متر است.

جدول ۱ـ۲

Construction	ساختاری		شمارهٔ کابل
	هادی داخلی :قطر خارجی		ALF 4.4/11.1 Cu 2Y* 50Ω
Inner conductor: Outer diameter		(mm)	Copper wire 4.4
Insulation: Polyethylene foam	عایق : فوم پلی‌اتیلن	(mm)	11.1
Outer conductor: Copper foil	هادی خارجی : لایه مسی	(mm)	11.4
Jacket: Polyethylene, black	پوشش خارجی :پلی‌اتیلن مشکی	(mm)	15.0
Electrical properties	خواص الکتریکی		
Characteristic impedance	امپدانس مشخصه برحسب اهم	(Ω)	50 – 2
Realative propagation velocity	سرعت انتشار برحسب درصد در مقایسه با نور	(%)	88
Capacity	ظرفیت خازنی برحسب پیکوفاراد برمتر	(pF / m)	76
DC - resistance inner conductor	مقاومت DC هادی داخلی برحسب اهم بر کیلومتر	(Ω / Km)	1.2
DC - resistance outer conductor	مقاومت DC هادی داخلی برحسب اهم بر حسب کیلومتر	(Ω / Km)	3.4
* این کابل‌ها با پوشش خارجی حفاظت شده در مقابل شعله نیز ساخته می‌شوند.			

نکتهٔ مهم

هنرجویان باید بتوانند با استفاده از جداول ۱ــ۲ و ۲ــ۲ ارائه شده برای کابل‌های کواکسیال به زبان انگلیسی، مشخصات ساختاری و الکتریکی آن را استخراج نمایند. هم‌چنین در صورت ارائهٔ سؤال در آزمون نهایی یا کنکور، باید جدول مربوطه به زبان انگلیسی داده شود.

انجام تکالیف و مسئولیت‌های محوله در فرآیند آموزش موجب دست‌یابی شما به اهداف تعیین شده می‌شود.

تمرین برای هنرجویان علاقه‌مند

با استفاده از جدول شمارهٔ ۲ــ۲ مشخصات ساختاری و الکتریکی کابل‌های ALF6.8/17 .3cu2y و RLF 9/23 CU2y را به‌دست آورید.

جدول ۲ــ۲

Construction	Unit	ALF 6.8/17.3 Cu 2Y* 50Ω	RLF 9/23 Cu 2Y* 50Ω
Inner conductor: Outer diameter	(mm)	Copper tube 6.8	Copper tube 9.1
Insulation: Polyethylene foam	(mm)	17.3	23.2
Outer conductor: Copper foil	(mm)	17.6	23.5
Jacket: Polyethylene, black	(mm)	22.0	28.7
Electrical properties			
Characteristic impedance	(Ω)	50 – 2	50 – 2
Realative propagation velocity	(%)	88	88
Capacity	(pF / m)	76	76
DC - resistance inner conductor	(Ω / Km)	1.3	0.77
DC - resistance outer conductor	(Ω / Km)	2.3	1.8

یادآور می‌شود که سایر مشخصات مانند خواص مکانیکی، افت در طول خط متناسب با فرکانس، افت در تشعشع کابل‌ها برروی یکدیگر، اطلاعات مربوط به حمل و نقل و بسته‌بندی و وزن معمولاً در جداول جداگانه ارائه می‌شود که از بحث کتاب خارج است.

۶ـ۲ـ فیبرنوری (Optical fiber)

کلیات : اختراع لیزر[۱] (Laser) در سال ۱۹۶۰ و ساخت فیبرهای نوری با تلفات کم در سال ۱۹۷۰ باعث رشد و توسعهٔ چشمگیری در دنیای فتونیک (Photonic ــ کار با نور) شده است.

امروزه فیبر نوری به‌عنوان یک محیط انتقال برای ارسال داده‌ها و پیام‌های اطلاعاتی در صنعت مخابرات، تحول زیادی را به‌وجود آورده است.

یک نگاه گذرا به فنآوری فیبر نوری در دو دههٔ اخیر نشان می‌دهد که به کارگیری و تحقیقات مرتبط با آن در سطوح مختلف صنایع نوین به ویژه در مخابرات، بی‌سابقه بوده است به طوری که نرخ اطلاع‌رسانی را از چند صد ارتباط در شبکه‌های مرسوم، به مرز میلیونی در شبکه‌های نوری رسانده است.

۱ــ لیزر مخفف Light amplification by stimulated emission of radiation می‌باشد و به معنای تقویت نور توسط تشعشع تحریک شده است. اولین لیزر جهان توسط تئودور مایمن اختراع گردید و از یاقوت در آن استفاده شده بود.

۱ـ۶ـ۲ـ اساس یک سیستم ارتباطی فیبر نوری : به‌طور کلی یک سیستم فیبرنوری دارای یک فرستنده، محیط انتقال (فیبرنوری) و یک گیرنده است (شکل ۸ــ۲).

شکل ۸ ــ۲ــ اساس یک سیستم فیبر نوری

فرستنده، یک چشمه نوری مانند LED یا دیود لیزری است. گیرنده یک نوع فتو دیود یا فتو ترانزیستور است.

۲ـ۶ ـ۲ـ مزایای استفاده از فیبرنوری: فیبرنوری نسبت به سایر خطوط انتقال دارای مزایایی به شرح زیر است :

۱ــ تلفات انرژی بسیار کم

۲ــ پهنای باند وسیع اطلاعات (ارسال اطلاعات در حجم زیاد)

۳ــ قابلیت انعطاف در مقابل خمش و پیچش با توجه به نوع مواد به‌کار رفته در فیبر نوری

۴ــ داشتن سطح مقطع کوچک و سبک

۵ ــ دریافت نشدن آثار القایی (با توجه به خاصیت نارسانایی فیبر)

۶ــ مصونیت در برابر استراق سمع (به دلیل نتابیدن نور از داخل به بیرون)

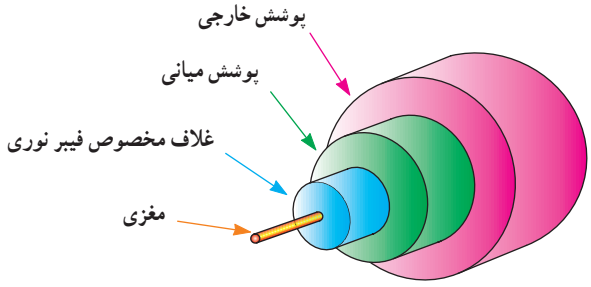
۷ــ ارزانی، فراوانی مواد اولیه و طول عمر زیاد مواد اوّلیه

۳ـ۶ـ۲ـ ساختمان فیبرنوری: امروزه تقریباً کلیهٔ فیبرهای مورد استفاده در مخابرات از جنس شیشه یا پلاستیک‌اند.

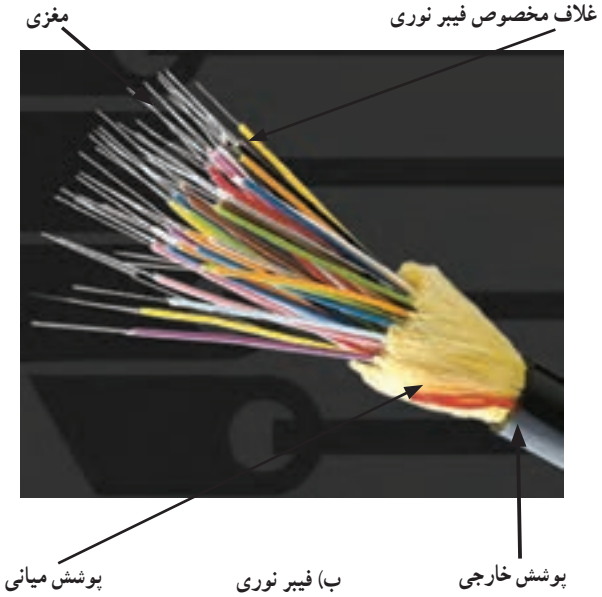
در شکل ۹ــ۲ــ الف، ساختمان یک فیبرنوری نشان داده شده است. فیبرنوری از یک قسمت اصلی به نام مغزی و غلاف (عایق) و یک قسمت پوشش به نام پوشش میانی و خارجی تشکیل شده است.

قطر مغزی می‌تواند از ۵ میکرومتر تا ۱۰۰ میکرومتر تغییر کند و قطر غلاف در حدود ۱۲۵ میکرومتر است. برای استحکام بیشتر و محافظت از فیبر، اغلب دو لایهٔ پلاستیکی نرم و سخت به‌صورت پوشش میانی و خارجی روی فیبر قرار می‌دهند.

در شکل ۹ــ۲ــ ب و ج، چند نمونه فیبر نوری را مشاهده می‌کنید.



الف) ساختمان یک فیبر نوری



ب) فیبر نوری

ج) چند نمونه فیبر نوری

شکل ۹ــ۲ــ ساختمان انواع فیبر نوری

تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

هنرجویان علاقه‌مند می‌توانند با مراجعه به منابع مختلف اطلاعاتی مرتبط با موضوع، تصاویر جدید و مطالب اضافی مربوط به فیبر نوری را تهیه و به کلاس ارائه کنند.

۷ـ۲ـ الگوی پرسش

۱ــ اساس یک سیستم ارتباطی فیبر نوری را شرح دهید.

۲ــ ساختمان یک فیبر نوری را شرح دهید.

۳ــ مزایای استفاده از فیبر نوری را نام ببرید.

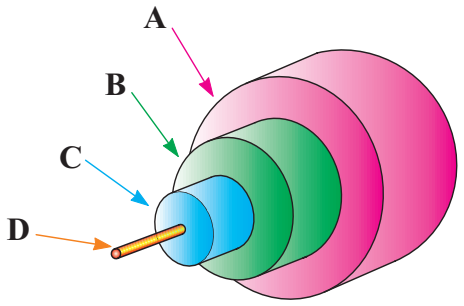
کامل کردنی

۴ــ Optical Fiber به‌مفهوم ..... است.

چهار گزینه‌ای

۵ــ در شکل ۱۰ــ۲ غلاف مخصوص فیبر نوری کدام است؟

۱ــ A　　۲ــ B　　۳ــ C　　۴ــ D



شکل ۱۰ــ۲

آیا می‌دانید؟

برای اتصال فیبرهای نوری به یکدیگر از چه ابزارهایی استفاده می‌کنند؟

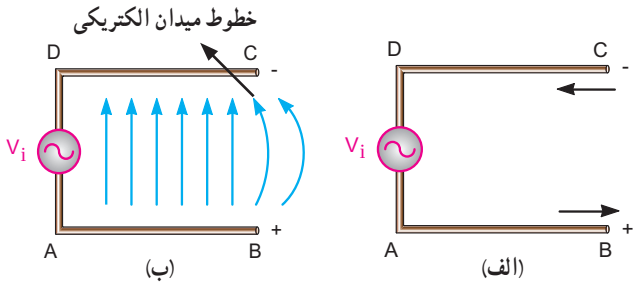
۸ـ۲ـ بررسی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن و چگونگی تشعشع امواج از آنتن

در درس مبانی برق با میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آشنا شدید. در این قسمت با استفاده از آموخته‌های پیشین به بررسی کار آنتن می‌پردازیم.

۱ ـ ۸ ـ ۲ـ تعریف آنتن: آنتن وسیله‌ای است که برای دریافت یا انتشار امواج الکترومغناطیسی به‌کار می‌رود. خواص آنتن در حالت فرستنده و گیرنده شبیه به‌هم است و از قضیهٔ هم‌پاسخی تبعیت می‌کند.

۲ـ ۸ ـ ۲ـ قضیهٔ هم‌پاسخی: هم پاسخی (Reciprocity) به معنی پاسخ همگن یک مدار از نظر ورودی و خروجی است؛ یعنی اگر به ورودی یک مدار ولتاژ V داده شود و از خروجی آن جریان I دریافت شود، در صورت اعمال ولتاژ V به‌خروجی آن، باید جریان I از ورودی عبور کند، چنین مداری از قضیهٔ هم‌پاسخی تبعیت می‌کند. مثال ساده از مدارهای هم‌پاسخی، ترانسفورماتور متقارن ایده‌آل یک به یک است.

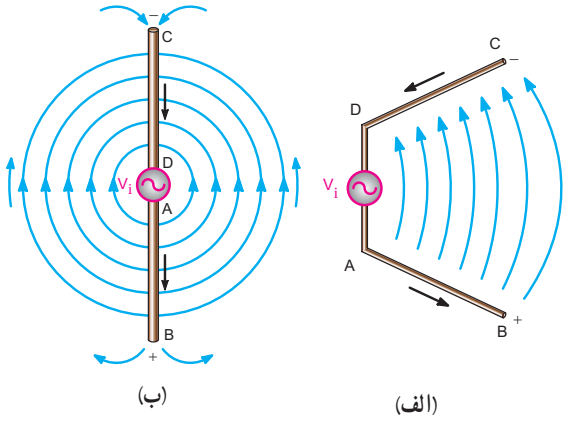
۳ـ ۸ ـ ۲ـ میدان الکتریکی آنتن: فرستندهٔ رادیویی را به صورت منبع سینوسی V_i و آنتن را به صورت دو میلهٔ هادی یا دو سیم موازی، که به دو سر منبع V_i اتصال دارند، در نظر می‌گیریم. شکل ۱۱ــ۲ــ الف، هنگامی که سیگنال ورودی نیم سیکل منفی را طی می‌کند، میلهٔ بالایی دارای بار منفی و میلهٔ پایینی دارای بار مثبت می‌شود (شکل ۱۱ــ۲ــ ب). در این حالت می‌توان دو میله را مشابه دو جوشن یک خازن در نظر گرفت که از طریق دی الکتریک هوا، از یکدیگر جدا شده‌اند. خطوط میدان الکترواستاتیک بین دو جوشن خازن از جوشن مثبت به سمت جوشن منفی رسم شده است. جهت جریان سیگنال در جهت خطوط میدان الکتریکی است که در شکل به صورت $\overrightarrow{ABCD}$ مشخص شده است.



شکل ۱۱ــ۲ــ خطوط میدان الکتریکی آنتن

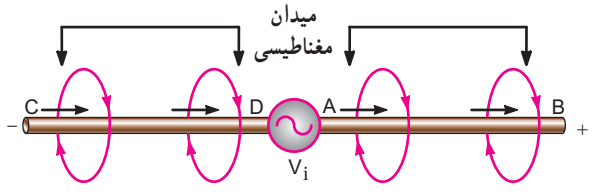
اگر فاصلهٔ دو انتهای باز میله‌های آنتن را به تدریج زیاد کنیم، خطوط میدان الکتریکی به سمت خارج آنتن خم می‌شوند و پس از طی مسیر منحنی، وارد میلهٔ منفی می‌شوند (شکل ۱۲ــ۲ــ الف).

اگر میله‌های آنتن را در یک امتداد قرار دهیم، خطوط میدان الکتریکی به صورت دوایر متحدالمرکز، میلهٔ مثبت را ترک می‌کنند و وارد میلهٔ منفی می‌شوند. جهت خطوط میدان الکتریکی را برای حالتی که میله‌ها باز است در شکل ۱۲ــ۲ــ ب، نشان داده‌ایم. اگر دو قطب سیگنال V_i وارونه شود، میلهٔ AB منفی و میلهٔ CD مثبت خواهد شد. در این حالت خطوط میدان الکتریکی نیز معکوس می‌شود و جهت[1] جریان سیگنال در مسیر $\overrightarrow{DCBA}$ برقرار خواهد شد.



شکل ۱۲ــ۲ــ خطوط میدان الکتریکی آنتن

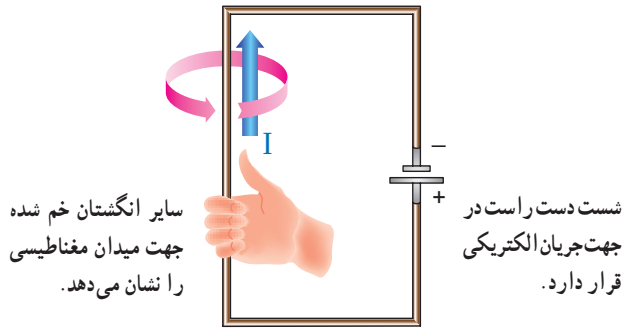
۴ ـ ۸ ـ ۲ـ میدان مغناطیسی در آنتن: هنگامی که جریان از میله‌های آنتن عبور می‌کند، در اطراف میله‌ها میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. در شکل ۱۳ــ۲ نمونه‌هایی از خطوط میدان مغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۱۳ــ۲ــ میدان مغناطیسی در آنتن

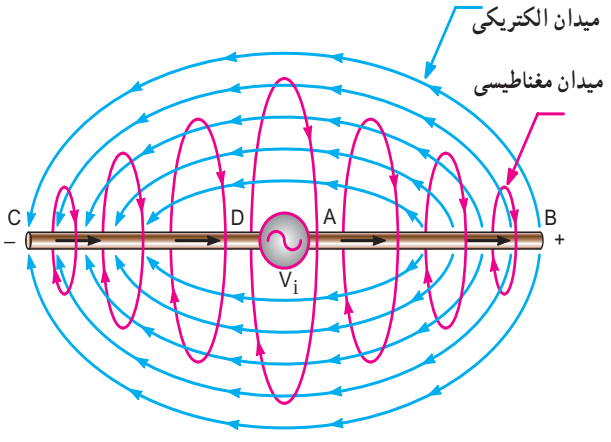
فلش‌های رسم شده روی خطوط، جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند. جهت خطوط میدان مغناطیسی را می‌توان به کمک انگشتان دست راست نشان داد.

۵ ـ ۸ ـ ۲ـ قانون دست راست: اگر انگشت شست دست راست طوری قرار گیرد که جهت جریان را نشان دهد، سایر انگشتان خم شده جهت خطوط میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند (شکل ۱۴ــ۲).



شکل ۱۴ــ۲ــ جهت خطوط میدان مغناطیسی در آنتن

۶ ـ ۸ ـ ۲ـ میدان الکترومغناطیسی در آنتن: به میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن توجه کنید. جهت این دو میدان همواره بر یکدیگر عمود است. ترکیب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را میدان الکترومغناطیسی آنتن می‌گویند. در شکل ۱۵ــ۲ میدان الکترومغناطیسی آنتن نشان داده شده است.



شکل ۱۵ــ۲ــ میدان الکترومغناطیسی در آنتن

۱ــ جهت قراردادی جریان مورد نظر است یعنی جریان از قطب مثبت به طرف قطب منفی در مدار خارجی جاری می‌شود.

۷ـ۸ـ۲ـ آنتن دیپل یا دوقطبی (Dipole Antenna):

اگر λ طول موج فرکانس ایستگاه رادیویی باشد و طول هر یک از میله‌های آنتن را مساوی $\frac{\lambda}{۴}$ در نظر بگیریم، طول آنتن مساوی $\frac{\lambda}{۲}$ می‌شود.

این نوع آنتن را آنتن دیپل یا دو قطبی نیم موج می‌گویند. در شکل ۱۶ـ۲ـ الف، آنتن نشان داده شده، از نوع دیپل است.

$$l_{AB} = l_{CD} = \frac{\lambda}{۴}$$

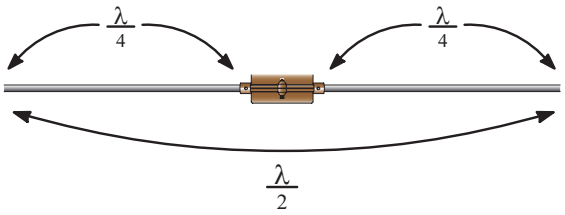
۸ـ۸ـ۲ـ نحوهٔ توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی

در آنتن دیپل نیم موج: آنتن دیپل نیم موج را می‌توان به خطوط انتقال با طول $\frac{\lambda}{۴}$ تشبیه کرد که از یک انتها باز شده‌اند و در انتهای دیگر به منبع سیگنال اتصال دارند. در این حالت در دو انتهای میله‌های آنتن گره جریان و شکم ولتاژ تشکیل می‌شود.

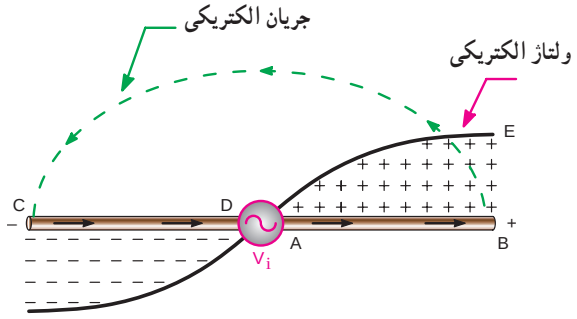
در شکل ۱۶ـ۲ـ ب، منحنی‌های ولتاژ، جریان و توزیع بارهای الکتریکی در آنتن دیپل نیم‌موج ترسیم شده است.

توجه داشته باشید که منحنی‌های جریان و ولتاژ با یکدیگر ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند.

جهت جریان در میله‌های آنتن، در جهت $\overrightarrow{ABCD}$ در نظر گرفته شده است.



الف ـ آنتن دی‌پل



ب ـ توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی روی آنتن

شکل ۱۶ـ۲ـ منحنی‌های توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی در آنتن نیم موج و طول آن

۹ـ۲ـ الگوی پرسش

۱ـ اصل هم‌پاسخی را بیان کنید.

۲ـ آنتن را تعریف کنید.

۳ـ چگونگی تولید میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در آنتن حامل جریان را با رسم شکل شرح دهید.

۴ـ جهت خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست حامل جریان را به کمک انگشتان دست راست نشان دهید.

۵ ـ میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی آنتن با هم چه زاویه‌ای می‌سازند؟

۶ ـ منحنی‌های توزیع ولتاژ، جریان و بارهای الکتریکی در آنتن دیپل نیم موج را با رسم شکل نشان دهید.

کامل کردنی

۷ـ جهت میدان‌های ..... و ..... در آنتن برهم ..... هستند.

صحیح یا غلط

۸ـ طول هر یک از میله‌های آنتن دیپل یا دو قطبی برابر با $\frac{\lambda}{۴}$ است.

صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه‌ای

۹ـ طول آنتن دیپل یا دو قطبی کدام است؟

۱ـ $\frac{\lambda}{۲}$ ۲ـ $\frac{\lambda}{۴}$ ۳ـ λ ۴ـ ۲λ

تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

با مراجعه به منابع مختلف مرتبط، بررسی کنید که آیا آنتن‌های رادیویی موج MW و SW از نوع آنتن دیپل نیم موج است یا خیر؟نتایج تحقیقات خود را به کلاس ارائه نمایید.

۱۰ـ۲ـ مشخصه‌های مهم آنتن

۱ـ۱۰ـ۲ـ مقاومت تابشی آنتن

(Antenna Radiation Resistance): آنتن در فرکانس کار خود به‌صورت یک مقاومت R_r در مدار ظاهر می‌شود که به آن مقاومت تابشی آنتن گفته می‌شود. مقاومت R_r مقاومتی نیست که موجب تلفات امواج شود بلکه باعث انتشار امواج می‌شود.

۲ـ۱۰ـ۲ـ توان تابشی آنتن

(Antenna Radiation power): اگر جریان عبوری از آنتن I و مقاومت تابشی آن R_r باشد، توان تابشی از رابطهٔ ۲ـ۲ به‌دست می‌آید.

$$P = I^2 \cdot R_r \qquad (۲ـ۲)$$

۳ـ۱۰ـ۲ـ بهرهٔ آنتن (Antenna gain): یکی از متداول‌ترین پارامترها در آنتن، بهرهٔ آنتن است، یک آنتن ممکن است مقدار زیادی از توان تابشی خود را در یک جهت به‌خصوص بفرستد. این حالت را سمت‌گرایی (Directivity) می‌گویند، بهرهٔ آنتن را در جهت به خصوص، بهرهٔ جهتی آنتن می‌نامند. بهرهٔ آنتن را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد :

$$\text{بهرهٔ آنتن} = \frac{\text{توان تابشی توسط آنتن اصلی}}{\text{توان تابشی توسط آنتن مرجع}}$$

آنتن مرجع عبارت از آنتنی است که به صورت یک منبع تابشی، تمام توان خود را در تمام جهات به طور یک‌نواخت و همگن بتاباند. به عبارت دیگر پرتوِ تشعشعی آن کروی باشد.

در محاسبهٔ بهرهٔ آنتن، توان ورودی و توان آنتن مرجع یکسان درنظر گرفته می‌شود.

۴ـ۱۰ـ۲ـ امپدانس آنتن (Antenna Impedance): همان‌طور که قبلاً بررسی شد، در یک آنتن نیم موج جریان در محل اتصال تغذیه حداکثر و در دو انتهای آن صفر است؛ در حالی که توزیع ولتاژ برعکس توزیع جریان است.

در آنتن‌های عملی، مقادیر ولتاژ یا جریان در نقاط گره ولتاژ و جریان دقیقاً صفر نیست. نسبت بین ولتاژ و جریان را در هر نقطه از آنتن، امپدانس آنتن می‌نامند.

مقدار امپدانس آنتن دو قطبی (دی پل) نیم‌موج در وسط آنتن حدوداً برابر ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰۰ اهم است[۱].

۱۱ـ۲ـ الگوی پرسش

۱ــ مقاومت تابشی آنتن را تعریف کنید.

۲ــ توان تابشی آنتن را تعریف کنید.

۳ــ بهرهٔ آنتن چگونه محاسبه می‌شود؟

۴ــ امپدانس آنتن نیم‌موج در وسط آنتن و در دو انتهای آن چه‌قدر است؟

کامل کردنی

۵ــ $\text{بهرهٔ آنتن} = \text{_____}$

صحیح یا غلط

۶ــ مقدار امپدانس آنتن نیم موج دو قطبی (دیپل)، در وسط آنتن حدوداً ۷۵ اهم و در دو انتهای آن تقریباً ۲۵۰۰ اهم است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۲ـ۲ـ انواع آنتن

۱ـ۱۲ـ۲ـ آنتن مارکنی (Marconi Antenna):

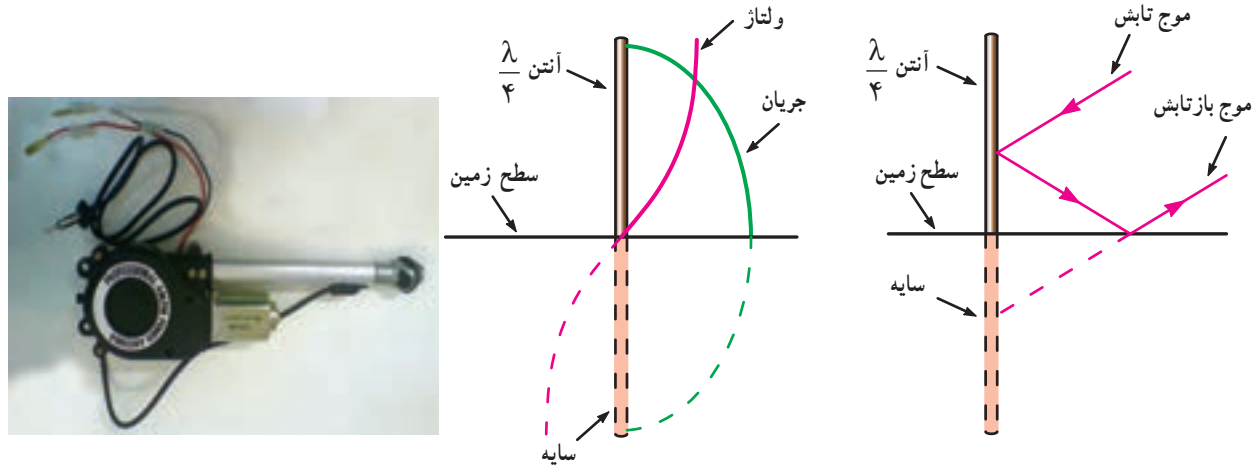
آنتن مارکنی یک آنتن یک قطبی با طول $\frac{\lambda}{۴}$ است که به طور عمودی بر روی زمین نصب می‌شود. زمین، انرژی تابیده شده بر خود را بازتاب می‌کند. در اثر این بازتاب امواج، تصویر آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ در زمین ظاهر می‌شود که می‌توان آن را به عنوان یک آنتن فرضی درنظر گرفت که قرینهٔ آنتن اصلی نسبت به سطح زمین است. این آنتن فرضی را سایهٔ آنتن اصلی می‌نامند. در شکل ۲ــ۱۷ الف، چگونگی تشکیل سایهٔ آنتن $\frac{\lambda}{۴}$ و در شکل ۲ــ۱۷ ب، منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان و در شکل ۲ــ۱۷ ج، یک نمونهٔ آنتن اتومبیل نشان داده شده است.

آنتن مارکنی را آنتن تصویری نیز می‌نامند. عملکرد این آنتن

۱ــ محاسبهٔ امپدانس آنتن، نیاز به اطلاعات جامع‌تری در زمینهٔ امواج دارد که از بحث ما خارج است.

و تصویرش عیناً مشابه آنتن نیم‌موج است.

آنتن رادیوی اتومبیل یک نوع آنتن مارکنی است. بدنهٔ فلزی اتومبیل به عنوان زمین عمل می‌کند و اثر تصویر آنتن ظاهر می‌شود.



الف) تشکیل سایه در آنتن $\frac{\lambda}{4}$ ب) منحنی‌های توزیع ولتاژ و جریان در آنتن $\frac{\lambda}{4}$ ج) تصویری از آنتن اتومبیل

شکل ۱۷ــ۲ــ آنتن $\frac{\lambda}{4}$

مخترعین

آقای گوگ لیلمو مارکُنی Guglielmo Marconi در سال ۱۸۷۴ در ایتالیا به دنیا آمد. وی دوران تحصیل خود را در رشتهٔ مهندسی برق به پایان رساند و در سال ۱۸۹۶ به انگلستان رفت و اقدام به ساخت دستگاه‌های رادیویی نمود. مارکُنی مخترع آنتن $\frac{\lambda}{4}$ است. وی در سال ۱۹۳۷ در گذشت.

برای کسب اطلاعات بیشتر به منابع و سایت‌های مربوطه مراجعه کنید.

آیا می‌دانید؟

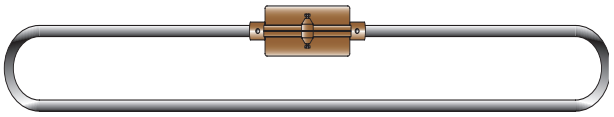
بسیاری از ایرانیان به‌عنوان اعضای مؤثر علمی در سطح جهان فعالیت می‌کنند و تعداد زیادی از آنان در رشتهٔ الکترونیک اشتغال دارند. شما هم اگر از استعداد ذاتی خود استفاده کنید و فعالیت و کوشش را به طور مستمر ادامه دهید می‌توانید در سطح جهان مطرح شوید.

۲ـ۱۲ـ۲ـ آنتن دیپل نیم موج خمیده

(Folded Dipole): آنتن دیپل خمیده یا تا شده از یک میله به طول λ[1] تشکیل شده است که پس از خم شدن آنتن طول $\frac{\lambda}{2}$ را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۸ــ۲). در وسط آنتن بریدگی کوچکی، که در مقایسه با طول آنتن ناچیز است، وجود

۱ــ طول میله کمی بزرگ‌تر از λ در نظر گرفته می‌شود، تا پس از خم‌شدن دقیقاً طول $\frac{\lambda}{2}$ به‌دست آید.

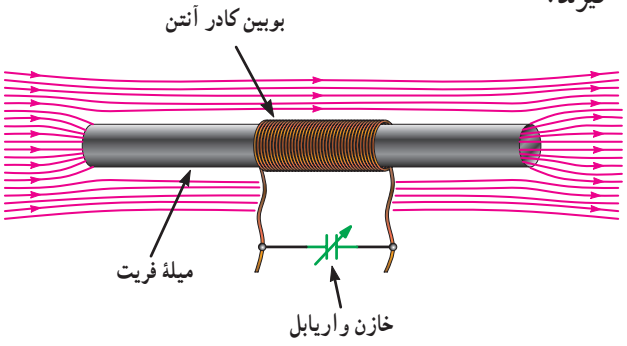
دارد. امپدانس آنتن دیپل خمیده در حدود ۳۰۰ اهم است. از این آنتن برای تطبیق خط انتقال دو سیمه ۳۰۰ اهمی در تلویزیون سیاه و سفید استفاده می‌شود.



شکل ۱۸ــ۲ــ تصویر واقعی آنتن دیپل نیم موج خمیده

۳ـ۱۲ـ۲ـ آنتن با میلهٔ فریت: آنتن با میلهٔ فریت در تمام گیرنده‌های رادیویی MW و SW به کار می‌رود.

فریت (Ferrite) ماده‌ای با قابلیت نفوذ مغناطیسی زیاد است. آنتن با میلهٔ فریت آنتن کوچکی است که در داخل گیرنده‌های رادیویی جای می‌گیرد. این میله به عنوان یک هسته در بوبین کادر[1] آنتن قرار می‌گیرد. استفاده از بوبین با هستهٔ فریت دریافت امواج الکترو مغناطیسی را آسان می‌کند (شکل ۱۹ــ۲). دریافت امواج الکترومغناطیسی زمانی حداکثر است که میلهٔ فریت و میدان مغناطیسی در یک جهت قرار گیرند.



شکل ۱۹ــ۲ــ آنتن با میلهٔ فریت

۴ـ۱۲ـ۲ـ آنتن یاگی (Yagi Antenna): این آنتن اولین بار توسط اشخاصی به نام‌های یاگی و اودا (Uda ــ Yagi) ساخته شد و به بازار عرضه گردید. در شکل ۲۰ــ۲ یک نمونه آنتن یاگی را مشاهده می‌کنید. میلهٔ خم شده را، که روی آنتن قرار دارد، دیپل تا شده (Folded Dipole) نامند و هم‌چنین به میله‌هایی که در پشت دیپل قرار دارند و طول آنها بزرگ‌تر است رفلکتور یا منعکس کننده (Reflector) گویند و میله‌هایی که در جلوی دیپل تا شده قرار دارند و طول آنها از دیپل تا شده کوچک‌تر است را دایرکتور (Director) می‌نامند.

شکل ۲۰ــ۲ــ تصویری از یک آنتن یاگی

قراردادن این اجزا باعث می‌شود که آنتن جهت‌دار شود. به عبارت دیگر به یک سو یا جهت هدایت شوند و منطقهٔ خاصی را پوشش دهند. از آنتن یاگی برای دریافت امواج VHF و UHF تلویزیونی استفاده می‌شود. در آنتن یاگی فاصلهٔ بین میله‌ها و طول هر یک از میله‌ها باید مشخص باشد. در جدول ۳ــ۲ رابطهٔ بین فواصل میله‌ها و طول موج و هم‌چنین رابطه بین طول موج و طول دیپل تا شده و طول رفلکتورها و دایرکتورها آمده است.

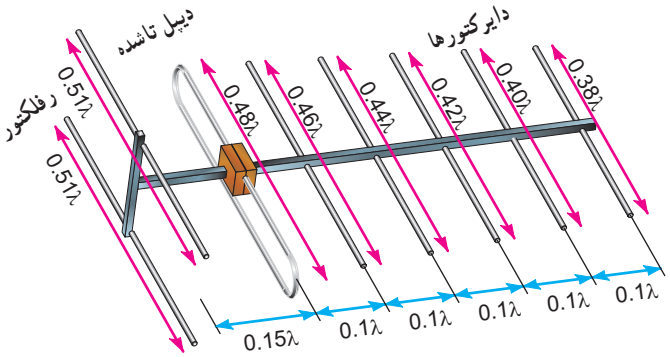
۱ــ مجموعهٔ بوبین و میلهٔ فریت را در گیرنده‌های رادیویی «کادر آنتن» می‌نامند.

جدول ۳ــ۲

ردیف	مشخصهٔ آنتن	محاسبه بر حسب λ
۱	طول رفلکتور	۰/۵۱ λ
۲	فاصلهٔ بین رفلکتور تا دیپل تا شده	۰/۱۵ λ
۳	طول دیپل تا شده	۰/۴۸ λ
۴	طول اولین دایرکتور	۰/۴۶ λ
۵	طول دومین دایرکتور	۰/۴۴ λ
۶	طول سایر دایرکتورها در هر مرحله ۰/۰۲ λ کم می‌شود.	
۷	فاصله اولین دایرکتور تا دیپل تا شده	۰/۱ λ
۸	فاصله دایرکتورها از یکدیگر	۰/۱ λ
۹	فاصله رفلکتورها از یکدیگر	۰/۱۵ تا ۰/۱۸ λ

در شکل ۲۱ــ۲ یک آنتن یاگی با اندازهٔ میله‌های تشکیل‌دهنده آن و فواصل بین میله‌ها را مشاهده می‌کنید.

در آنتن یاگی مجموعهٔ رفلکتورها و دایرکتورها مانند عدسی عمل می‌کنند و امواج را به دیپل می‌رسانند. قدرت جذب یا انتشار امواج به تعداد دایرکتورها بستگی دارد.



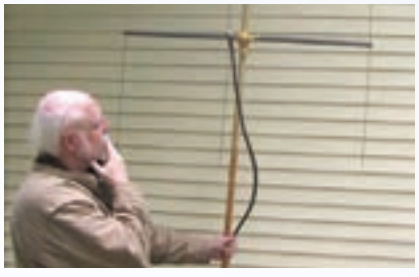
شکل ۲۱ــ۲ــ آنتن یاگی با توجه به اندازه و ابعاد قطعات آن

فعالیت برای هنرجویان علاقه‌مند

با مراجعه به منابع مختلف تعداد کارخانه‌های داخلی را که آنتن تولید می‌کنند، شناسایی کنید و مشخصات محصولات آنان به خصوص انواع آنتن یاگی را بیابید.

دانشمندان

آقای یاگی‌هاید تسوگو **Yagi Hidetsugu** آنتن **VHF** و **UHF** را برای دریافت امواج الکترومغناطیسی که مسیر مستقیم را طی می‌کنند، اختراع کرد. این آنتن به نام وی یعنی آنتن یاگی به ثبت رسیده است. آقای یاگی در سال ۱۸۸۶ در ژاپن به دنیا آمد و در سال ۱۹۰۹ در رشتهٔ مهندسی برق از دانشگاه امپریال توکیو دانش آموخته شد. وی برای ادامهٔ تحصیل و تحقیق به انگلستان، آمریکا و آلمان رفت و تحصیلات خود را با تأکید روی تولید امواج پیوسته الکترومغناطیس ادامه داد و در سال ۱۹۱۶ به ژاپن بازگشت و پس از دریافت درجهٔ دکتری از دانشگاه امپریال توهوکو (**Tohoco**) در سال ۱۹۱۹ با درجهٔ پروفسوری در همان دانشگاه به تدریس پرداخت. وی پیش‌بینی کرد که ارتباطات **VHF** و **UHF** یکی از پدیده‌هایی است که در آیندهٔ مخابرات نقش اساسی دارد. لذا تحقیقات خود را در این زمینه ادامه داد تا در سال ۱۹۲۶ با کمک **Shintaro uda** آنتن عملی **VHF** و **UHF** را اختراع کرد. امروز این آنتن را به نام «یاگی» و «او دا» (**Yagi and Uda**) می‌شناسند. آقای یاگی در سال ۱۹۷۶ چشم از جهان فرو بست.



۵ـ۱۲ـ۲ـ آنتن‌های بشقابی (Dish Antennas):

آنتن‌های گیرنده‌ها و فرستنده‌هایی که در طیف میکروویو و مایکروویو کار می‌کنند (محدودهٔ فرکانسی ۱ تا ۱۰۰ گیگا هرتز) آنتن‌هایی جهت دارند. یکی از انواع این آنتن‌ها، آنتن‌های بشقابی هستند. آنتن‌های بشقابی را معمولاً به صورت برشی از سهمی یا کره می‌سازند. بنا به‌دلایل زیر، نیاز به این آنتن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد.

الف) چون باید آنتن گیرنده دقیقاً در جهت آنتن فرستنده قرار گیرد، لذا عملاً آنتن در تمام جهت نمی‌تواند کارآیی داشته باشد.

ب) گیرنده‌های این باند نسبت به گیرنده‌هایی که با فرکانس کمتر کار می‌کنند در مقابل نویز حساسیت بیشتری دارند. لذا سیگنال رسیده به آنتن این نوع گیرنده‌ها باید تا حد امکان قوی باشد.

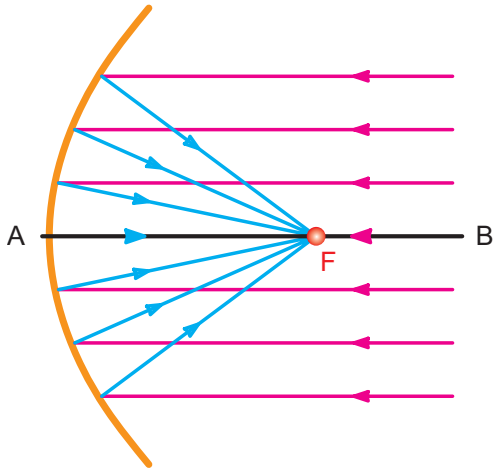
ج) هرقدر فرکانس افزایش می‌یابد، ابعاد وسایل الکترونیکی مرتبط با آن کوچک‌تر می‌شود، لذا عملاً توان الکتریکی دستگاه به‌طور نسبی کاهش می‌یابد.

د) از امواج میکروویو و مایکروویو برای انتقال و دریافت انرژی به فواصل دور استفاده می‌شود میزان انرژی دریافتی توسط گیرنده خیلی ضعیف می‌گردد، بنابراین در امواج میکروویو و مایکروویو استفاده از آنتن با بهرهٔ زیاد ضروری است.

هـ) به علت کاربرد وسیع باند میکروویو و مایکروویو مانند رادار و غیره، سمت‌یابی و اندازه‌گیری میدان مورد نیاز است.

آنتن با منعکس‌کننده سهموی (Parabolic ـ بشقابی): هرگاه به یک آنتن سهموی شکل از فاصله بسیار دور (بی‌نهایت) نور یا امواج رادیویی تابانده شود، این امواج پس از برخورد با سطح داخلی سهمی در نقطه‌ای متمرکز می‌شوند که آن نقطه را کانون سهمی گویند و آن را با F نشان می‌دهند (شکل ۲۲ـ۲).

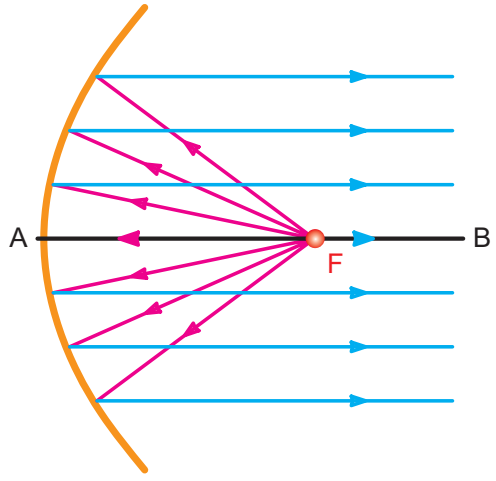
از سوی دیگر هرگاه منبعی تشعشعی در کانون سهمی



شکل ۲۲ـ۲ـ متمرکز شدن امواج در کانون سهمی

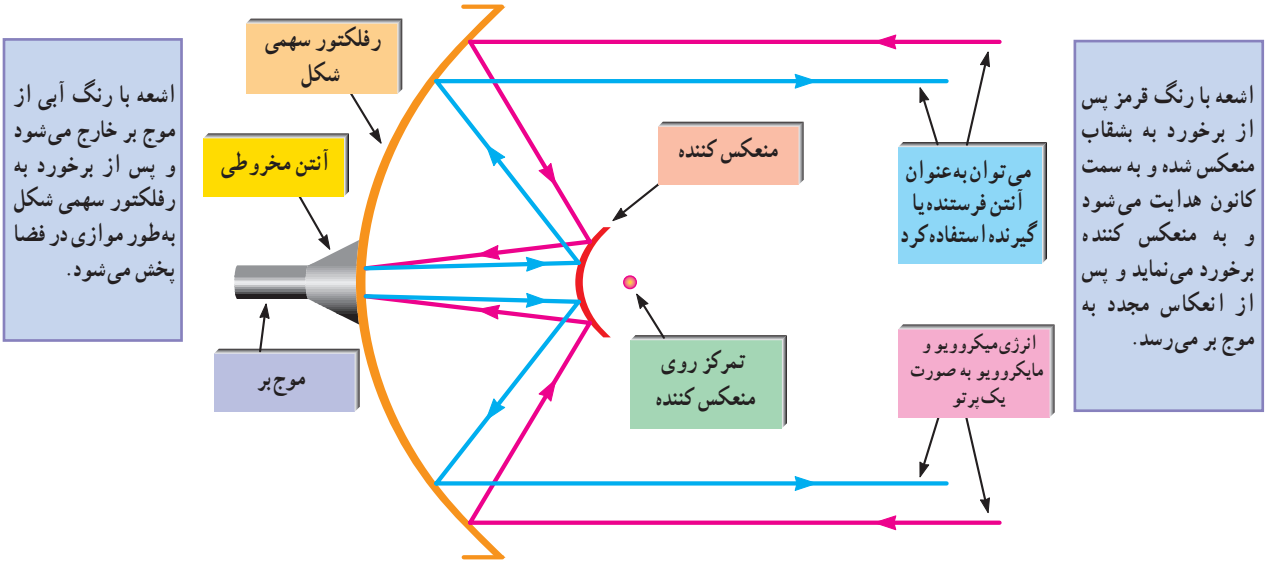
قرار گیرد تمام امواجی که از منبع خارج می‌شوند در راستای خط AB و به موازات آن منعکس می‌گردند (شکل ۲۳ـ۲).

در این حالت تمام امواج منعکس شده با هم، هم‌فاز بوده و یک پرتو (اشعه) بسیار شدید را در امتداد محور AB به وجود می‌آورند. سایر امواج که از جهات دیگر وارد سهمی می‌شوند به علت تفاوت در مسیر آنها، اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند. لذا آنتن‌های سهمی شکل دارای بهرهٔ جهتی بسیار زیادند.



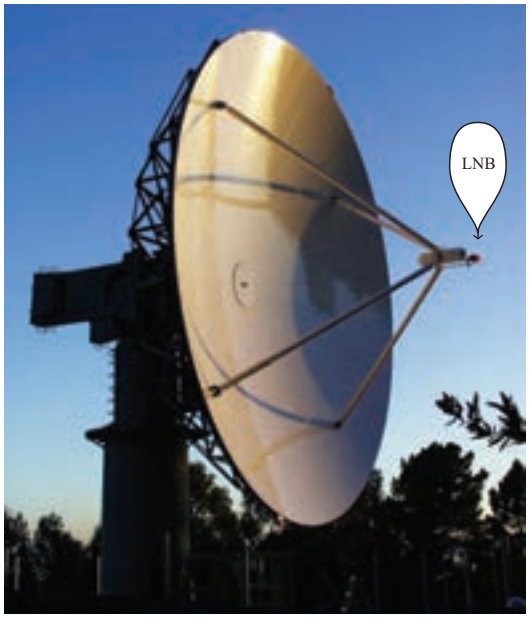
شکل ۲۳ـ۲ـ امواج تابانده شده از کانون به موازات هم خارج می‌شوند.

ساختمان آنتن سهموی (بشقابی): در شکل ۲۴ــ۲ ساختمان یک آنتن بشقابی رسم شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود؛ برای انتقال انرژی به آنتن سهمی شکل از موج بر استفاده شده است. موج‌بر خط انتقالی شبیه لولهٔ آب یا کانال کولر است که به‌صورت توخالی ساخته می‌شود. این نوع خط انتقال وظیفهٔ هدایت سیگنال‌هایی با فرکانس بالا را برعهده دارد.



شکل ۲۴ــ۲ــ ساختمان آنتن بشقابی

در شکل ۲۵ــ۲ و ۲۶ــ۲ دو نمونه آنتن بشقابی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۵ــ۲ــ نمونه‌ای از آنتن بشقابی

شکل ۲۶ــ۲ــ نمونه دیگری از آنتن بشقابی

برای بهترین دریافت یا انتشار امواج، باید آنتن در کانون سهمی قرار گیرد.

شکل ۲۵ــ۲ محل قرارگیری آنتن را در کانون سهمی نشان می‌دهد.

از آن‌جا که امواج ارسالی از طریق این آنتن‌ها یا امواج دریافتی از ماهواره‌ها که در محدوده گیگا هرتز قرار دارند، مانند نور عمل می‌کنند، این امواج از اجسامی با چگالی بالا(جرم حجمی بالا) و ضریب شکست (انکسار) زیاد مانند طلق‌های ضخیم یا شیشه عبور نمی‌کنند ولی از سایر اجسام با چگالی کمتر به راحتی عبور می‌کنند، هم‌چنین در مقابل منعکس کننده‌ها از خود خواص نور را نشان می‌دهند.

تبدیل فرکانس در آنتن بشقابی: امواجی که طول موج آنها در محدودهٔ متر، سانتی‌متر و میلی‌متر قرار دارد را امواج مایکروویو و میکروویو می‌نامند. پس از دریافت این امواج و تمرکز آنها در کانون سهمی لازم است امواج به محدودهٔ فرکانسی پایین‌تری تبدیل شود تا بتوان آنها را برای موارد خاص مانند تلویزیون مورد استفاده قرار داد.

برای این منظور از یک مدار مبدل استفاده می‌کنند. این مبدل‌ها را اصطلاحاً LNB می‌نامند.

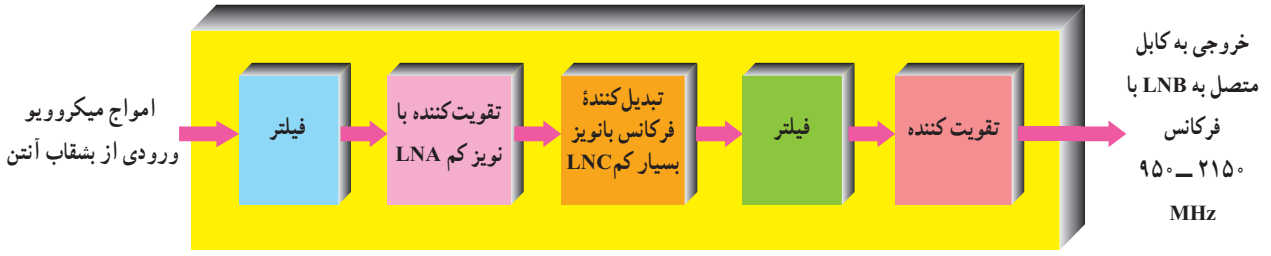
LNB حروف اول کلمات Low Noise Block به معنی بلوک (قسمت) با نویز کم است. LNB شامل دو بخش جداگانه LNA و LNC است.

LNA حروف اول کلمات Low Noise Amplifier و به معنی تقویت کننده با نویز بسیار پایین است. این طبقه عمل تقویت‌کنندگی امواج دریافتی را برعهده دارد.

LNC حروف اول کلمات Low Noise Converter و به معنی تبدیل کننده فرکانس با نویز بسیار کم است.

LNB در کانون Dish قرار می‌گیرد و ضمن دریافت امواج ارسالی از سطح بشقاب، آنها را تقویت و به امواجی با محدوده فرکانس کمتر تبدیل می‌کند تا برای دستگاه‌های مرتبط با آن قابل استفاده باشد.

در شکل ۲۷ــ۲ بلوک دیاگرام LNB به اختصار رسم شده است.



شکل ۲۷ــ۲ــ بلوک دیاگرام ساده LNB

در شکل ۲۸ــ۲ چند نمونه LNB و در شکل ۲۹ــ۲ نمونهٔ دیگری از LNB و مدار داخل آن را ملاحظه می‌کنید. این LNB مانند شکل ۲۵ــ۲ روی کانون سهمی نصب می‌شود.

شکل ۲۸ــ۲ــ چند نمونه LNB

شکل ۲۹ــ۲ــ LNB و مدار داخل آن

۱۳ـ۲ـ الگوی پرسش

۱ــ چگونگی توزیع ولتاژ و جریان در آنتن مارکنی را با رسم شکل شرح دهید.

۲ــ کاربرد آنتن دیپل خمیده را بنویسید.

۳ــ آنتن با میله فریت را شرح دهید.

۴ــ آنتن‌های بشقابی در چه فرکانس‌هایی کار می‌کنند؟

۵ــ طول آنتن دیپل خمیده چه‌قدر است؟

۶ــ اجزای تشکیل دهنده آنتن یاگی را نام ببرید.

۷ــ یک نمونه آنتن یاگی را برای دریافت یکی از فرکانس‌های VHF به‌دلخواه طراحی کنید.

۸ــ موج بر را تعریف کنید.

۹ــ ساختمان آنتن سهموی (بشقابی) را رسم کنید و اجزای آن را نام ببرید.

۱۰ــ بلوک دیاگرام LNB را رسم کنید.

جورکردنی

۱۱ــ با خطوط رنگی ستون الف را به طول یا فاصلهٔ صحیح آن در ستون (ب) اتصال دهید.

(الف)	(ب)
رفلکتور	۰/۱ λ
دیپل تا شده	۰/۵۱ λ
اولین دایرکتور	۰/۴۸ λ
فاصلهٔ دایرکتورها از یکدیگر	۰/۴۶ λ

صحیح یا غلط

۱۲ــ فریت ماده‌ای با قابلیت نفوذ الکتریکی بسیار زیاد است.

صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه‌ای

۱۳ــ برای ارسال یا دریافت امواج با فرکانس ۱ تا ۱۰۰ گیگاهرتز از چه نوع آنتنی استفاده می‌کنند؟

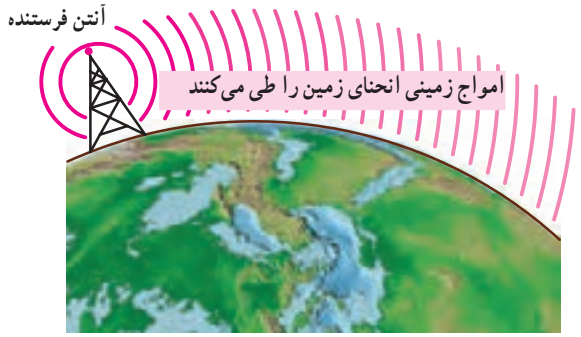
۱ــ یاگی ۲ــ مارکنی

۳ــ دو قطبی ۴ــ بشقابی

۱۴ـ۲ـ انتشار امواج رادیویی

امواج رادیویی از مسیرهای متفاوتی فاصله بین فرستنده و گیرنده را طی می‌کنند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از : امواج زمینی، امواج آسمانی و امواج فضایی.

۱ـ۱۴ـ۲ـ امواج زمینی (Ground wave): امواج زمینی امواجی هستند که مسیر حرکتشان در سطح زمین است و انحنای زمین را طی می‌کنند. امواج زمینی به امواج سطحی نیز معروف‌اند. امواج زمینی موقعی وجود دارند که آنتن‌های گیرنده و فرستنده نزدیک سطح زمین باشند (شکل ۳۰ـ۲). چون فرکانس این امواج کم است آن را LF می‌نامند. امواج LF به علت اتلاف زیاد انرژی در سطح زمین برای ارسال در مسافت کوتاه به‌کار می‌روند. یادآور می‌شود که در سطوحی مانند آب دریا، به دلیل کم‌بودن مقاومت الکتریکی تلفات انرژی کمتر شده و امواج LF مسافت بیشتری را طی می‌کند. لذا در مخابرات دریایی کاربرد دارد.



شکل ۳۰ـ۲ــ انتشار امواج زمینی

۲ـ۱۴ـ۲ـ امواج آسمانی (Sky wave): انتشار امواج آسمانی به نوعی انتشار اطلاق می‌گردد که امواج رادیویی منتشر شده در فضا، بعد از برخورد با لایه‌های یونیزهٔ جو (یونسفر) مجدداً به طرف زمین منعکس می‌شوند.

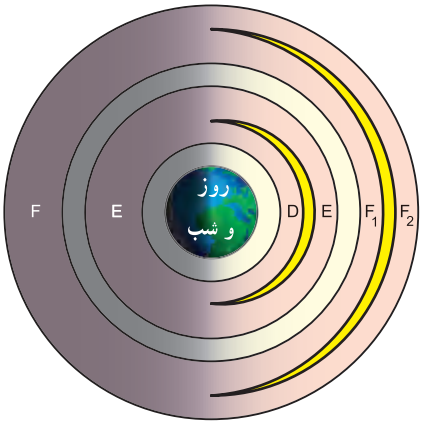
ناحیهٔ یونیزهٔ جو از ۵۰[۱] کیلومتری سطح زمین شروع می‌شود

۱ــ ارتفاع و ضخامت لایه‌های جوّ، D و E و F در طول شبانه روز تغییرات غیرخطی دارد و لذا اعداد داده شده تقریبی است.

و تا ارتفاع ۴۰۰ کیلومتری ادامه می‌یابد.

ناحیهٔ یونسفر خود به سه لایه تقسیم‌بندی شده است، که به ترتیب (ارتفاع) به لایه‌های D ، E و F معروف‌اند.

لایهٔ F در طول روز خود به لایه‌های فرعی مانند F_1 و F_2 تقسیم‌بندی می‌شود. در شکل ۳۱ــ۲ چگونگی تقسیم‌بندی لایه‌های مختلف یونسفر در طول روز و شب نشان داده شده است. لایهٔ D که موجب جذب امواج رادیویی در محدودهٔ فرکانسی معینی می‌شود در طول شب وجود ندارد.



شکل ۳۱ــ۲ــ لایه‌های یونسفر

لایهٔ D در ارتفاع تقریبی ۵۰ تا ۹۰ کیلومتری قرار دارد و فقط در هنگام روز به وجود می‌آید. اگرچه این لایه به عنوان منعکس کنندهٔ امواج ELF و VLF و قسمتی از LF عمل می‌کند ولی نقش عمده‌ای در جذب انرژی دارد و در نتیجه در طول روز موجب تضعیف امواج رادیویی در باند MF و HF می‌شود. لایهٔ E در ارتفاع ۹۰ تا ۱۳۰ کیلومتری قرار دارد و چگالی (دانسیته Density) یون آن در طول روز بسیار بالاتر از هنگام شب است. به‌همین دلیل است که امواج رادیویی، به‌هنگام روز، در باند متوسط شدیداً در این لایه تضعیف می‌شوند.

در طول شب امواج باند متوسط با کمترین تضعیف به طرف زمین منعکس می‌شوند.

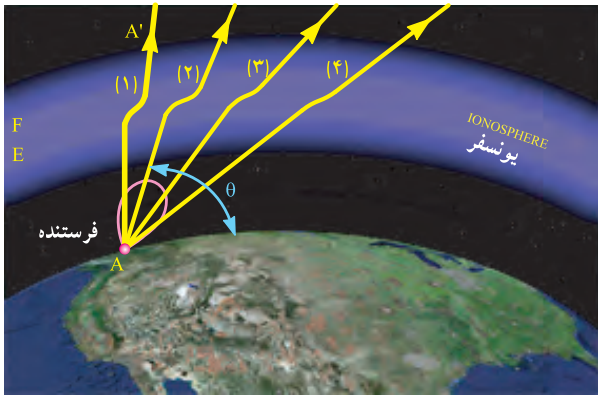
لایهٔ F که در ارتفاع ۱۳۰ کیلومتر به بالا قرار دارد. در هنگام روز به دو لایهٔ F_1 و F_2 تقسیم می‌شود به طوری که لایهٔ F_1 در ارتفاع ۱۳۰ کیلومتر تا ۲۱۰ کیلومتر قرار دارد.

آن‌چه در پخش صدای موج کوتاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است وجود لایه‌های E و F است.

انعکاس امواج رادیویی HF در لایهٔ F امکان برقراری ارتباط رادیویی بین نقاط بسیار دور را فراهم می‌سازد.

جهت برقراری یک ارتباط رادیویی بین نقاط A (فرستنده) و B (گیرنده)، از طریق انعکاس لایهٔ F، دو حالت زیر را درنظر می‌گیریم.

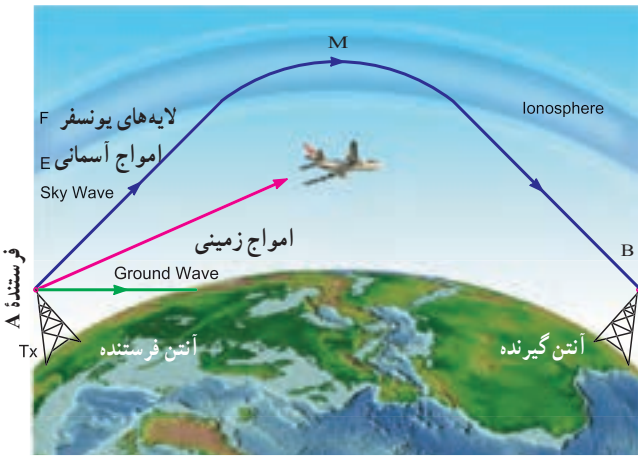
الف) اگر فرکانس از حد معینی (حدود ۳۰ مگا هرتز) بیشتر باشد امواج منعکس نمی‌شود و طبق شکل ۳۲ــ۲ به طرف AA' ادامهٔ مسیر خواهد داد.



شکل ۳۲ــ۲ــ عبور امواج رادیویی از لایهٔ E و F

ب) اگر فرکانس‌های منتشر شده از فرستنده در باند MW و SW قرار داشته باشد و موج منتشر شده دارای انرژی کافی باشد و تحت زاویهٔ معینی تابیده شود. در زمانی که لایهٔ D وجود ندارد (طول شب)، امواجی که به لایهٔ E می‌رسند از آن عبور می‌کنند و پس از برخورد با لایهٔ F به طرف زمین منعکس می‌شوند. این امواج در نقطهٔ دیگری از سطح زمین قابل دریافت است (شکل ۳۳ــ۲).

به عبارت دیگر لایهٔ F به عنوان یک آنتن عمل می‌کند. به‌عنوان مثال امواج منتشر شده از فرستندهٔ A پس از رسیدن به نقطهٔ M منعکس می‌شود و در نقطهٔ B قابل دریافت است.



شکل ۳۳ــ۲ــ انعکاس امواج رادیویی

تحقیق برای هنرجویان علاقه‌مند

آیا امواج رادیویی برای بدن انسان خطرناک است؟ با جستجو در منابع مختلف تصویر پویا نمایی (انیمیشن) را که نشان دهنده انتشار امواج است پیدا کنید.

۳ـ۱۴ـ۲ـ امواج فضایی (space wave): امواج فضایی به امواجی گفته می‌شود که فاصله بین فرستنده و گیرنده را در ناحیهٔ تروپسفر زمین طی می‌کنند.

تروپسفر به ناحیه‌ای از آتمسفر گفته می‌شود که از سطح زمین تا ارتفاع ۱۶ کیلومتری آن قرار دارد.

۱۵ـ۲ـ محدودهٔ فرکانسی امواج رادیویی و نوع انتشار آنها

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰ KHz تا ۳۰۰ KHz قرار دارد به امواج زمینی معروف‌اند و با LF نشان داده می‌شوند و از آنها در رادیوهای با موج بلند (LW) استفاده می‌شود.

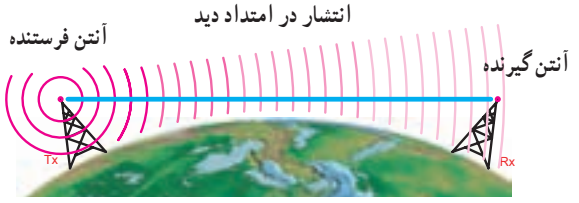
امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰۰ KHz تا ۳ MHz قرار دارد (MF) دارای مؤلّفهٔ زمینی قوی و مؤلّفهٔ آسمانی ضعیف‌اند.

امواجی که فرکانس آنها بین ۳ MHz تا ۳۰ MHz قرار دارد (HF) دارای مؤلّفهٔ زمینی ضعیف و مؤلّفهٔ آسمانی قوی‌اند.

از این امواج در رادیوهای موج کوتاه (SW) استفاده می‌شود.

امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰ مگا هرتز تا ۳۰۰۰ مگا هرتز قرار دارد (VHF و UHF) دارای مؤلّفهٔ فضایی قوی‌اند. از این‌رو به امواج فضایی معروف‌اند.

انتشار امواج فضایی به انتشار در امتداد دید (Line of sight)، نیز معروف است، چرا که باید فرستنده و گیرنده در دید مستقیم یکدیگر قرار گیرند تا بتوانند ارتباط برقرار کنند. امواج فضایی در تلویزیون استفاده می‌شود. در شکل ۳۴ــ۲ چگونگی انتشار امواج فضایی آمده است. این امواج از انحنای زمین تبعیت نمی‌کند.

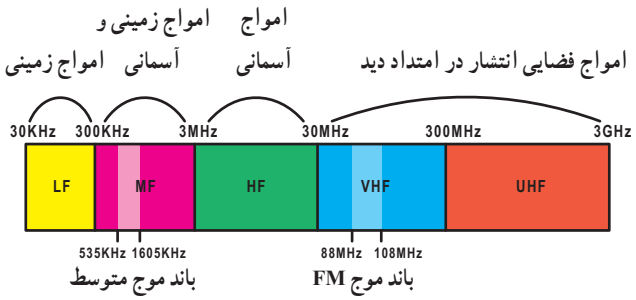


شکل ۳۴ــ۲ــ انتشار امواج فضایی

در شکل ۳۵ــ۲ محدودهٔ فرکانسی امواج رادیویی و نوع انتشار آنها نشان داده شده است.

موج متوسط رادیو (MW) که در محدودهٔ فرکانسی ۵۳۵ کیلوهرتز تا ۱۶۰۵ کیلوهرتز قرار دارد به صورت امواج زمینی و آسمانی منتشر می‌شود. در موج MW، انتشار امواج آسمانی از امواج زمینی ضعیف‌تر است.

موج FM نیز که در محدودهٔ فرکانس ۸۸ مگاهرتز تا ۱۰۸ مگاهرتز واقع است، به صورت امواج فضایی منتشر می‌شود.



شکل ۳۵ــ۲ــ محدودهٔ فرکانسی امواج رادیویی و انتشار آنها

۲-۱۶- پدیدهٔ فدینگ (Fading) ــ محو شدن

اگر امواج زمینی و آسمانی که از یک مرکز فرستنده منتشر می‌شوند همزمان به گیرنده رادیویی برسند ممکن است، در صورت هم‌فاز بودن باعث زیاد شدن صدای بلندگو شوند. این امواج اگر در فاز مخالف باشند باعث ضعیف شدن یا قطع صدای بلندگو می‌شوند. این پدیده به فدینگ معروف است.

۲-۱۷- الگوی پرسش

۱ــ FM درچه محدوده‌ای از فرکانس‌های رادیویی قرار دارد؟

۲ــ امواج زمینی کدام‌اند و محدودهٔ فرکانسی آنها چه‌قدر است؟

۳ــ کدام طبقهٔ آتمسفر روی امواج آسمانی مؤثر است؟

۴ــ چرا انتشار امواج فضایی به «انتشار در امتداد دید» معروف است؟

۵ ــ لایه‌های یونسفر را نام ببرید.

۶ــ چگونگی تضعیف امواج رادیویی را شرح دهید.

۷ــ پدیدهٔ فدینگ را شرح دهید.

صحیح یا غلط

۸ــ امواجی که فرکانس آنها بین ۳۰۰ KHz تا ۳ MHz قرار دارند دارای مؤلفهٔ زمینی ضعیف و مؤلفهٔ آسمانی قوی هستند.

صحیح ☐ غلط ☐

چهارگزینه‌ای

۹ــ امواج FM دارای چه نوع پخشی هستند؟

۱ــ زمینی ضعیف آسمانی قوی

۲ــ آسمانی

۳ــ فضایی

۴ــ زمینی قوی ــ آسمانی ضعیف

فعالیت برای هنرجویان علاقه‌مند

بررسی کنید ارتباط رادیویی بین کشتی‌ها در سطح دریا با چه روش‌هایی صورت می‌گیرد؟