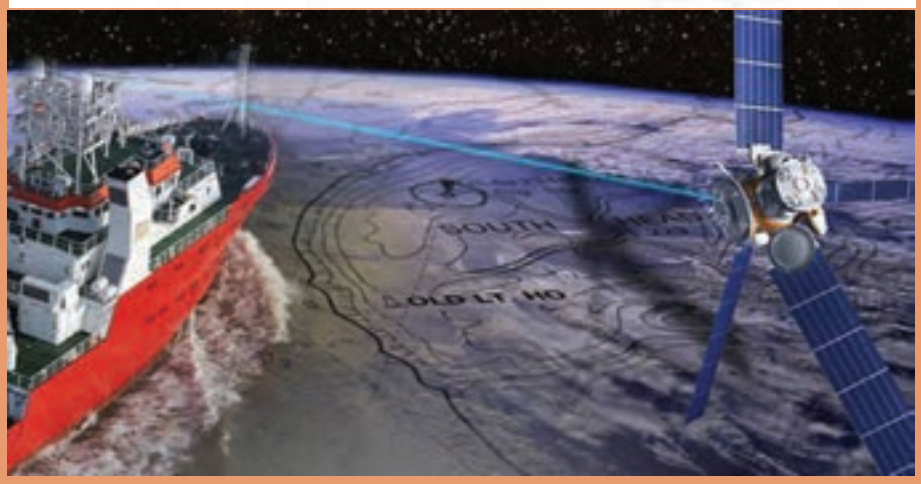
پودمان ۱

کاربری دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری



واحد یادگیری ۱

کاربری دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری

آیا تا به حال پی برده اید

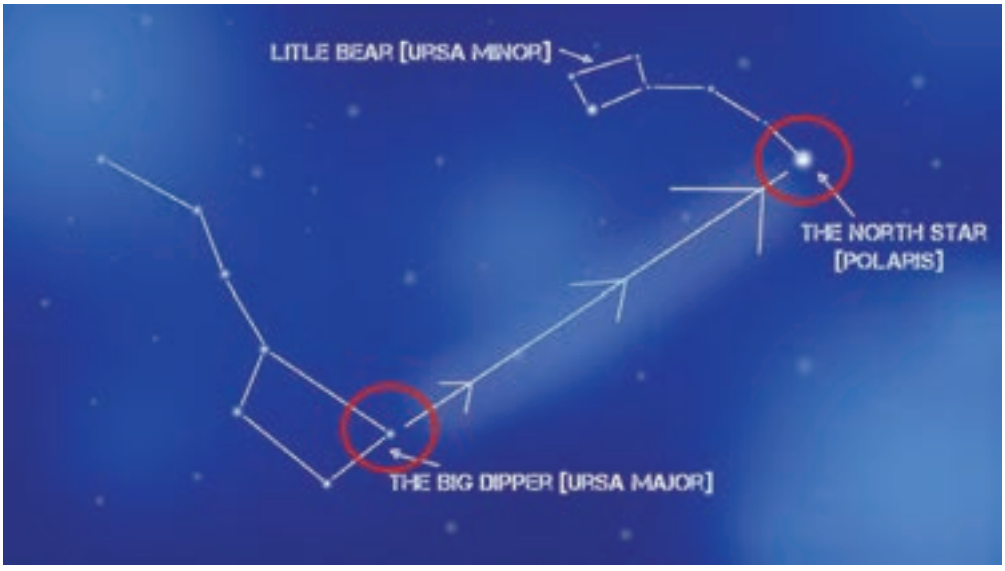
- مکان‌یابی در دریا برای دریانوردان از چه اهمیت بالایی برخوردار است.
- دریانوردان برای یافتن موقعیت خود در دریا از چه روش‌هایی استفاده می‌کنند.
- در ناوبری الکترونیکی از چه تجهیزاتی برای تعیین موقعیت و حرکت در دریا استفاده می‌شود.
- عملکرد سیستم تعیین موقعیت جهانی چگونه است.
- چراغ‌های ناوبری چه کمکی به دریانوردان در مسیریابی و حرکت در دریا می‌کند.

استاندارد عملکرد

- هدف از اجرای آموزش‌های این فصل، توانمندسازی هنرجویان در تحلیل عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانیGPS و چراغ‌های ناوبری به‌کار رفته در شناورها می‌باشد.

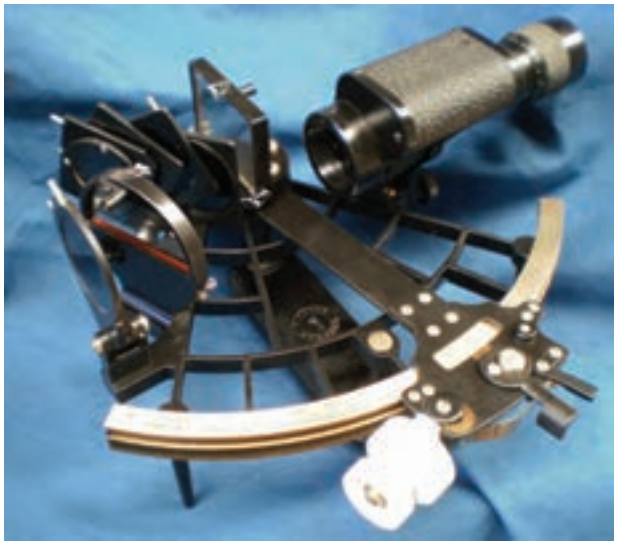
تعیین موقعیت در دریا

از دیرباز تعیین موقعیت و مکان‌یابی در دریا مورد توجه دریانوردان بوده است. ملوانان ابتدا سواحل را به دقت دنبال می‌کردند تا از گم شدنشان جلوگیری کنند. وقتی دریا نوردان اولیه در دریاهای باز (اقیانوس‌ها) کشتیرانی کردند، دریافتند که می‌توانند مسیر خود را با دنبال‌کردن ستاره‌ها ترسیم کنند. فنیقی‌های باستان از ستاره شمالی برای سفر به مصر و جزیره کرات استفاده می‌کردند. بر طبق گفته هومر الهه آتنا به اودیسه گفته است: هنگام سفر کردن در جزیره کالیپسو «دُب اکبر را سمت راست خود قرار بده». متأسفانه برای اودیسه و دیگر دریانوردان ستاره‌ها فقط در شب و تنها در شب‌های صاف قابل دیدن هستند.



شکل ۱ـ شناسایی ستاره قطبی

پیشرفت مهم بعدی در امر ناوبری کشف قطب‌نمای مغناطیسی و دستگاه زاویه‌یاب (Sextant) بود. عقربه قطب نما همیشه نقطه شمالی را نمایش می‌دهد، بنابراین همیشه دانستن جهت مسیری که در آن حرکت می‌کنیم را ممکن می‌سازد.



شکل ۲ـ دستگاه سکستانت (Sextant)

زمانی که تکنولوژی پیشرفته امروزی وجود نداشت، مردم و به خصوص افرادی مانند دریانوردان و جهان‌گردان گاهی اوقات در یک گستره جغرافیایی و به‌خصوص شهرها و کشورهای بیگانه، از مکان دقیق خود باخبر نبودند و حتی گاهی نیز در بیابان‌ها و دریاها مسیر خود را گم می‌کردند. از سوی دیگر در دنیای قدیم، استفاده از ستارگان، قطب نما و سایر عوامل طبیعی تا اندازه‌ای راهگشای بشر بود، ضمن اینکه همه این موارد، به‌طور کلی انسان عصر گذشته را مورد هدایت و راهنمای قرار می‌داد. در حالی که امروزه پیچیدگی‌های جغرافیایی، اصولاً زمینهٔ استفاده از این‌گونه روش‌ها را تا حد زیادی منتفی و بی‌معنا کرده است. از پیشگامان بهره‌برداری از این روش‌های پیشرفته، دریانوردان بودند.

فعالیت کلاسی

درخصوص روش کار با دستگاه سکستانت بحث کنید.

شکل ۳ـ کار با دستگاه سکستانت

در شرایط فعلی با گسترش فناوری‌های گوناگون، این مشکل توسط یک سیستم ماهواره‌ای مدرن و پیشرفته با نام Global Positioning System که به اختصار G.P.S خوانده می‌شود و به معنای سیستم موقعیت‌یاب جهانی می‌باشد، رفع شده است. در حقیقت دنیای امروز، دنیایی است که هیچ فردی در آن گم نخواهد شد و همه چیز بر روی تمام نقاط زمین قابل شناسایی است و این قدرت دستیابی به سیستم‌های شناسایی را ماهواره‌ها و در اساس رایانه‌ها، در اختیار بشر قرار داده‌اند.

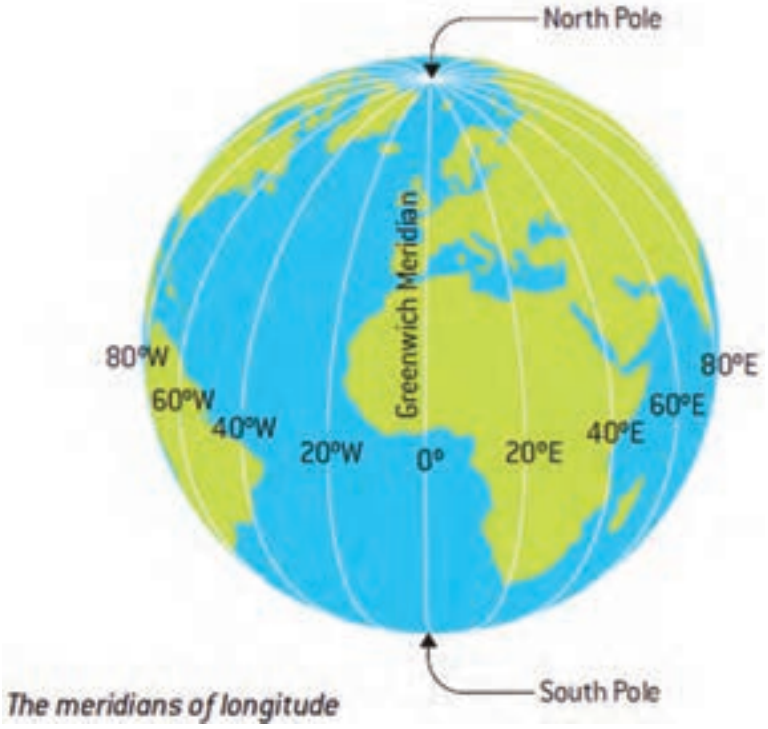
طول جغرافیایی: Longitude

طول جغرافیایی با نماد λ نشان داده می‌شود و بیانگر مختصات جغرافیایی شرقی ـ غربی است که در نقشه‌برداری و جهت‌یابی از آن استفاده می‌گردد. این مختصات، مکانی را بر اساس فاصله‌اش از یک نصف‌النهار اصلی نشان

می‌دهد. عدد طول جغرافیایی، به‌صورت زاویه‌ای بین صفر و مثبت ۱۸۰ یا منفی ۱۸۰ درجه بیان می‌گردد. معمولاً (نه همیشه) برپایه قرارداد، اعداد مثبت نشانگر طرف شرق بودن نقطه نشان داده شده است.

شکل ۴ـ طول جغرافیایی، مرجع نصف النهار مبدأ

در طول تاریخ مبدأهای زمانی گوناگونی برای «نصف‌النهار اصلی» مورد استفاده قرار می‌گرفت. تا اینکه در سال ۱۸۸۴ طی همایش جهانی نصف‌النهاری، قرار گذاشته شد تا بعد از این تنها از گرینویچ به عنوان مبدأ استفاده گردد.



شکل ۵ ـ نصف‌النهار مبدأ، گرینویچ

هر درجه جغرافیایی معمولاً به ۶۰ دقیقه بخش می‌گردد و هر دقیقه نیز به همین ترتیب از ۶۰ ثانیه تشکیل شده است؛ بنابراین یک صورت معمول نشان دادن طول جغرافیایی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

۲۳° ۲۵′ ۳۵″ E

البته این مقدار به‌صورت‌های دیگری نیز نشان داده می‌شود. (مثلاً ده دهی بیان‌کردن قسمت ثانیه) زمین در مدت ۲۴ ساعت یک بار به دور خود می‌چرخد و کل زمین ۳۶۰ درجه طول جغرافیایی است. در نتیجه هر ۱۵ درجه تغییر طول جغرافیایی یک «ساعت» محسوب می‌شود. این امر مبنای تعیین مناطق است.

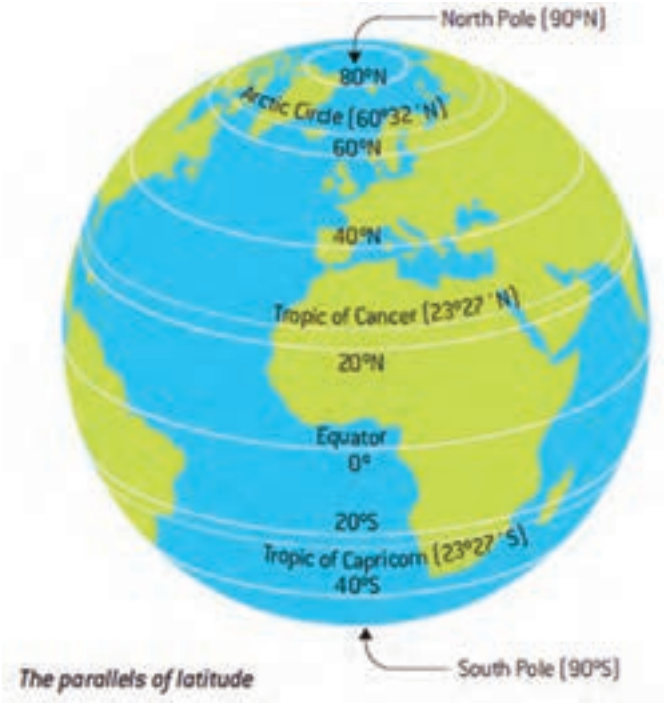
عرض جغرافیایی: Latitude

عرض جغرافیایی با نماد φ نشان داده می‌شود و در دستگاه مختصات جغرافیایی، اشاره به موقعیت شمالی ـ جنوبی یک نقطه جغرافیایی بر روی کره زمین است که در نقشه‌کشی و جهت یابی از آن استفاده می‌شود. این دستگاه، مختصات مکانی را بر اساس فاصله‌اش از خط استوا یا همان مدار صفر درجه می‌سنجد. عدد عرض جغرافیایی، زاویه‌ای است میان صفر (بر روی خط استوا) تا ۹۰ درجه در قطب‌ها. (مثبت یا منفی بودن این درجه معمولاً و نه همیشه) برپایه قرارداد، اعداد مثبت نشان‌گر شمالی بودن نقطه مورد نظر است.

شکل ۶ـ عرض جغرافیایی، مرجع خط استوا

زمین یک کره بی عیب نیست (و گویا در قطب‌ها کمی «پَخ» شده است) مسافت فیزیکی هر درجه عرض جغرافیایی در همه جا یکی نیست. در استوا این مسافت ۱۱۱,۳۱۹۵ کیلومتر و در نزدیکی قطب‌ها ۱۱۱,۱۲ کیلومتر است.

مانند طول جغرافیایی، هر درجه عرض جغرافیایی به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه نیز به ۶۰ ثانیه بخش می‌شود. البته روش‌های دیگری نیز برای نشان دادن این عدد استفاده می‌شود.



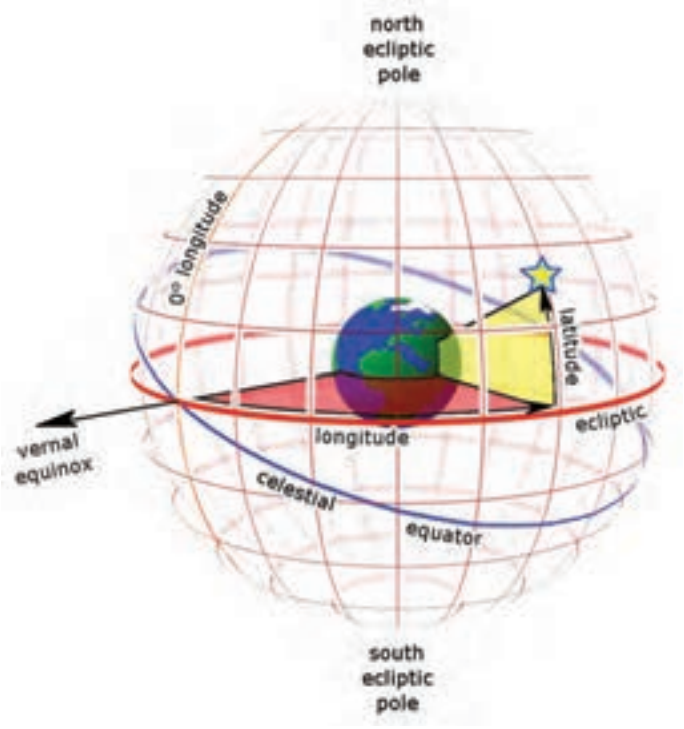
شکل ۷ــ عرض جغرافیایی

مناطق مختلف زمین آفتاب را به‌طور یکسان دریافت نمی‌کنند و این یکی از عوامل اصلی پدید آمدن آب و هواهای گوناگون در عرض‌های جغرافیایی مختلف است. در نهایت یک نقطه بر روی کره زمین به‌صورت زیر مشخص و نشان داده می‌شود.

شکل ۸ــ مشخص‌کردن یک نقطه روی زمین با استفاده از طول و عرض جغرافیایی

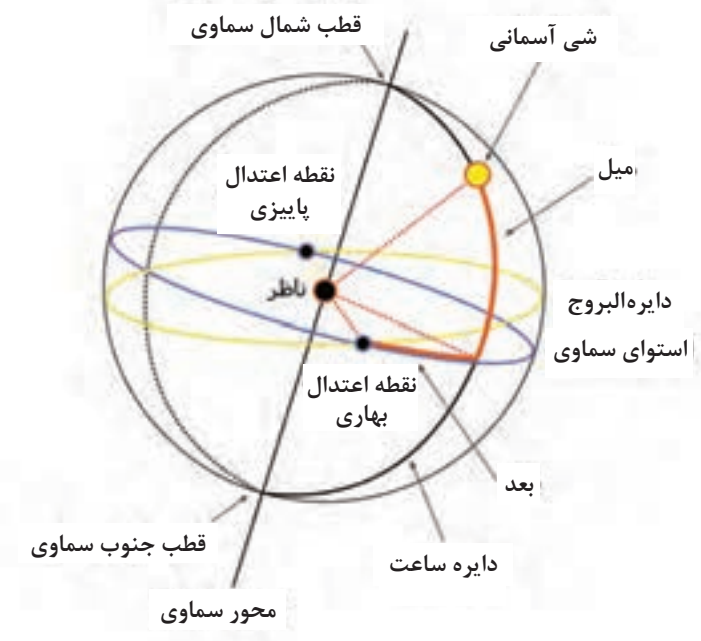
همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شده، دریانوردان از دیر باز به این علم آگاهی داشته و برای رسیدن به طول و عرض جغرافیایی و تعیین موقعیت شناور خود در دریا، علم نجوم را به خدمت گرفته بودند. به این روش ناوبری نجومی گفته می‌شود.

اجرام سماوی، شامل ستارگان و سیارگان در کهکشان پیرامون زمین قرار گرفته‌اند.



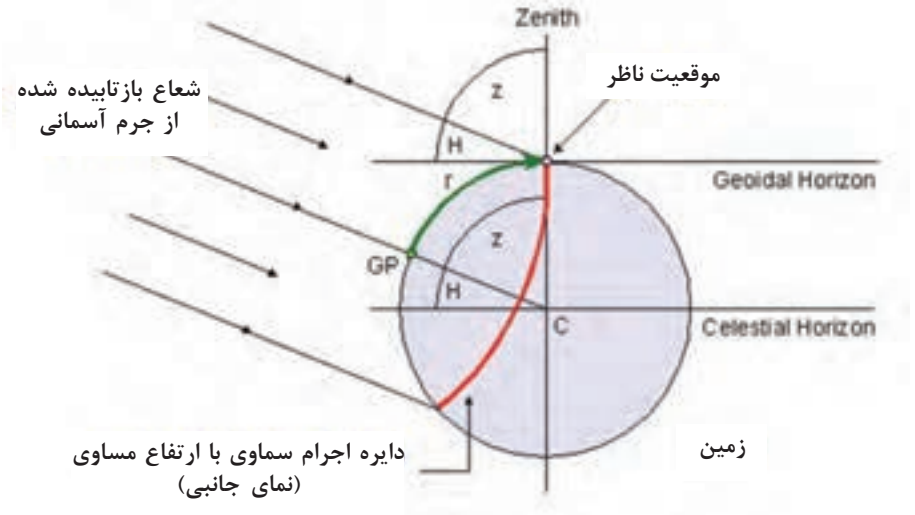
شکل ۹ــ اساس ناوبری نجومی

همان‌گونه که شکل ۹ نشان می‌دهد، متناظر با نصف‌النهارها و مدارات روی زمین، می‌توان در فاصله بی‌نهایت خطوطی را در کهکشان فرض کرد که اجرام سماوی در فواصل ثابت از یکدیگر قرار گرفته‌اند. ناظر قرار گرفته بر روی هر نقطه از زمین می‌تواند زاویه قرارگرفتن هر کدام از اجرام آسمانی را که در دیدرس قرار دارند، با ابزار مخصوص بسنجد. زاویه به‌دست آمده مطابق شکل ۱۰ ، میل خوانده می‌شود. بر روی یک عرض جغرافیایی متناظر با سطح کره زمین قرار می‌گیرد.



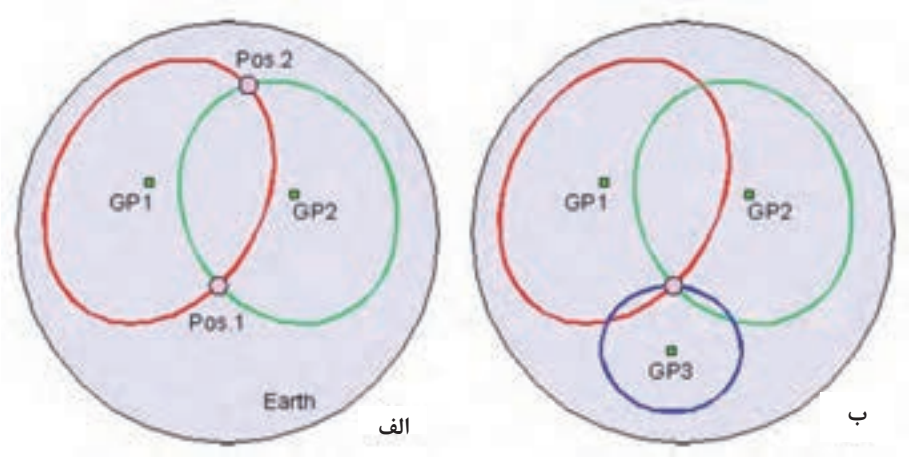
شکل ۱۰ــ زاویه اجرام آسمانی نسبت به ناظر روی زمین

اشعه نوری که از شی آسمانی به زمین می‌رسد، یک خط باریک نبوده و به‌صورت خطوط موازی که در شکل ۱۱ دیده می‌شود، به زمین می‌رسد.



شکل ۱۱ـ اشعه نور شی آسمانی که در غالب طیف موازی به زمین می‌رسد

از این رو تمام ناظرانی که بر روی دایره‌های به شعاع r که در شکل ۱۱ به‌صورت قرمز نشان داده شده است، قرار دارند، شی آسمانی را با یک زاویه مشترک رصد خواهند کرد. این بدان معنی است که ناظر می‌تواند در هر کجای دایره قرمز در شکل ۱۲ قرار گیرد.



شکل ۱۲ـ خطای محاسبه زاویه شی آسمانی

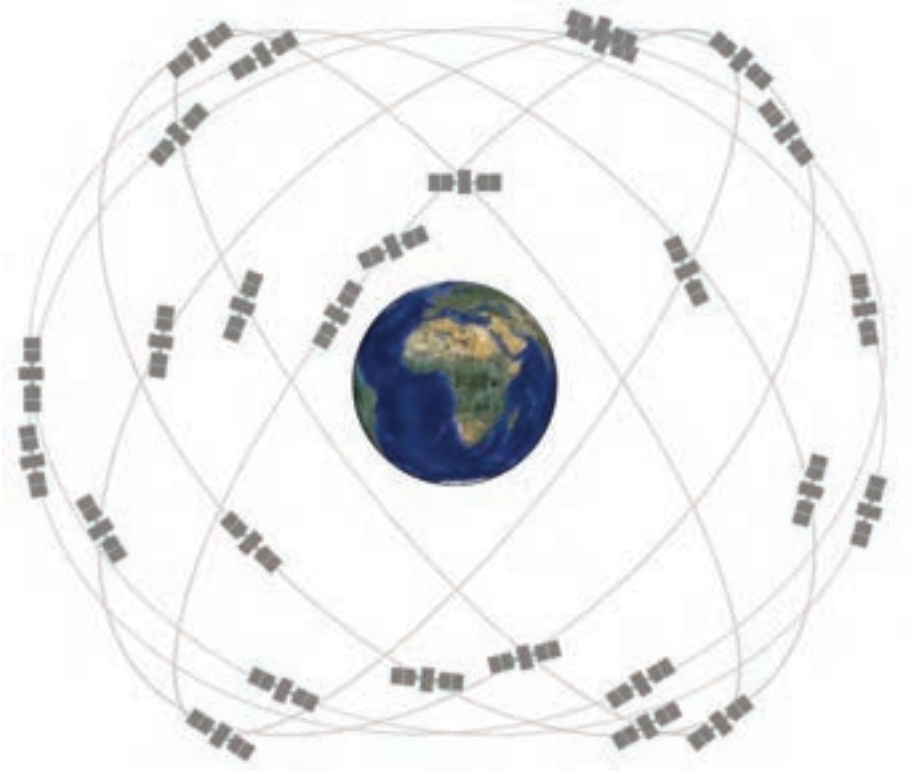
تحقیق کنید

شعاع دایره‌ای که تمام ناظران قرار گرفته در محیط آن، شی آسمانی را در یک زاویه رصد می‌کنند، از چه رابطه‌ای به‌دست می‌آید.

حال برای به‌دست آوردن یک نقطه واحد بر روی زمین، ناظر می‌تواند همزمان سه جرم آسمانی را رصد و با رسم دوایر آن بر روی نقشه، نقطه خود را مانند شکل ۱۲روی زمین به‌دست آورد.
البته آنچه گفته شد، مفهوم کلی و اساس ناوبری نجومی بود. ناوبران برای به‌دست آوردن نقطه خود بر روی نقشه‌های دریایی و به‌دست آوردن طول و عرض دقیق جغرافیایی، از جداول مرجع که در کتاب‌های ناوبری درج گردیده است و محاسبات ویژه استفاده می‌کنند.
اِشکال اساسی در ناوبری نجومی این بود که رصد کردن اجرام آسمانی فقط در ساعات معینی از روز امکان‌پذیر بوده و همواره مشکلاتی را برای ناوبران به‌وجود می‌آورد. با پیشرفت علم، انسان در این اندیشه بود که به‌جای ستاره‌ها، از وسایلی و تجهیزات جایگزینی استفاده کند که کنترل آنها در دست بشر بوده و در هر لحظه از شبانه روز امکان رصد کردن باشند.
در نهایت انسان با قرار دادن ماهواره در جو اطراف زمین به راه حل تازه‌ای برای حل مشکل مکان‌یابی دست یافت.

سیستم موقعیت‌یاب جهانی یا G.P.S.

جی. پی. اس. یا **Global Positioning System** یک سیستم راهبری و مسیریابی ماهواره‌ای است که از شبکه‌ای با حداقل ۲۸ ماهواره فعال تشکیل شده است. این ماهواره‌ها به سفارش وزارت دفاع ایالات متحده ساخته و در مدار زمین قرار داده شده‌اند. جی. پی. اس. در ابتدا برای مصارف نظامی‌تهیه شد ولی از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی‌آن آزاد و آغاز شد.



شکل ۱۳ــ ۲۸ ماهواره سیستم GPS

خدمات این مجموعه در هر شرایط آب و هوایی و در هر نقطه از کره زمین در تمام شبانه‌روز در دسترس است و استفاده از آن رایگان است.

ماهواره‌های **GPS** با ایستگاه‌های ویژه‌ای بر روی زمین در تماس هستند و همواره موقعیت آنها در فضا مشخص است. دستگاه گیرندهٔ جی.پی.اس، ضمن ارتباط با تعدادی از این ماهواره‌ها، فاصلهٔ گیرنده را تا آنها تعیین می‌کند و سپس موقعیت دقیق روی زمین به‌دست می‌آید. هرچه گیرندهٔ **GPS** به ماهواره‌های بیشتری وصل شود، اطلاعات دقیق‌تری را محاسبه خواهد کرد.

علاوه بر جی. پی. اس، دو سیستم کمابیش مشابه دیگر نیز وجود دارد:

۱ سیستم گلوناس که دولت شوروی ساخته و اکنون به‌دست کشور روسیه اداره می‌شود.

۲ سیستم گالیله که کشورهای اروپایی آن را برای وابسته نبودن به سیستم آمریکایی جی.پی.اس. ساخته‌اند.

اساس عملکرد سیستم موقعیت‌یابی جهانی یا GPS

بخش فضایی: در حال حاضر سیستم جی.پی.اس (**GPS**) شامل ۲۸ ماهواره فعال است که در مداری به طول ۱۱,۰۰۰ مایل دریایی بالای زمین در حرکت بوده و پیوسته به‌وسیله ایستگاه‌های زمینی در سراسر جهان نظارت می‌شوند. هر کدام از این ماهواره‌ها که **NAVSTAR** نیز نامیده می‌شوند ۲۰۰۰ پوند وزن دارند، این ماهواره‌ها دارای صفحات آفتابی به پهنای ۱۷ فوت بوده و با سرعتی در حدود ۱۰۸ مایل در ثانیه به دور زمین می‌گردند.

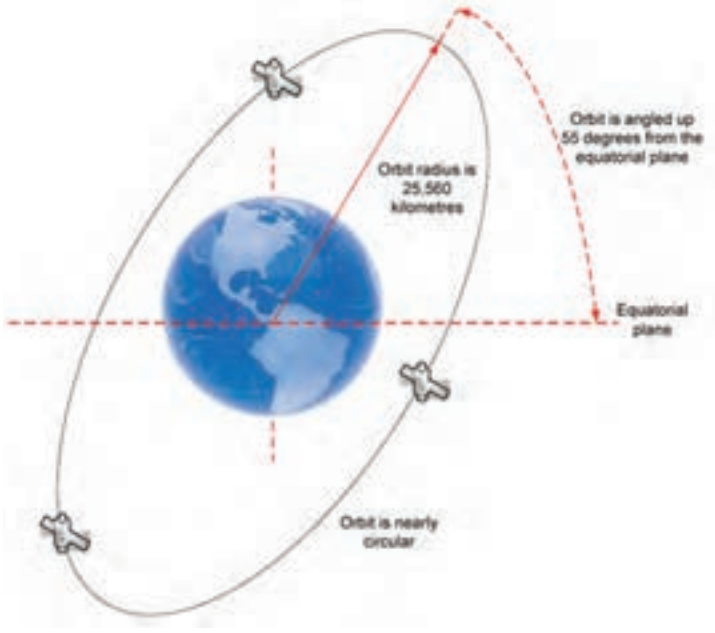
شکل ۱۴ــ یک نمونه ماهواره GPS

تحقیق کنید

ماهواره‌های **GPS** در چند مدار و در چه ارتفاعی از زمین حرکت می‌کنند.

این ماهواره‌ها که کل سطح کره زمین را به‌طور همزمان پوشش می‌دهند، زمان یکبار چرخش ماهواره‌های **GPS** به دور زمین در حدود ۱۲ ساعت نجومی است. به عبارتی در هر ۲۴ ساعت خورشیدی در طول شبانه روز ماهواره دوبار از افق یک محل می‌گذرد.

همان‌طور که می‌دانیم شبانه روز خورشیدی ۴ دقیقه از شبانه روز نجومی بیشتر است لذا در هر روز نسبت به روز قبل ماهواره ۴ دقیقه زودتر در افق یک محل ثابت طلوع می‌کند.



شکل۱۵ـ زاویه چرخش ماهواره‌های GPS

کار در منزل

انرژی مصرفی هر کدام از ماهواره‌های **GPS** چقدر است؟
ماهواره‌های این انرژی را از چه منبعی تأمین می‌کنند؟

ایستگاه‌های زمینی: ایستگاه‌های کنترل زمینی است، دارای مختصات معلوم هستند و موقعیت آنها از طریق روش‌های کلاسیک تعیین موقعیت نظیر روش **VLBI** (تعیین فواصل بلند توسط کوازارها) و روش **SLR** (فاصله سنجی ماهواره‌ای با امواج لیزر) به‌دست آمده است. این ایستگاه‌ها وظیفه تعقیب و مشاهده شبانه روزی ماهواره‌های جی پی اس (**GPS**) را بر عهده دارند.

تعداد این ایستگاه‌های زمینی ۵ عدد است که ایستگاه اصلی با نام کلرادو اسپرینگ در آمریکا قرار دارد و ۴ ایستگاه فرعی دیگر در نقاط دیگر کره زمین مستقر هستند.

شکل ۱۶ـ مکان ایستگاه‌های زمینی سیستم GPS

آخرین بخش از سیستم جی پی اس (**GPS**)، قسمت **USER** یا کاربران سیستم می‌باشد که خود شامل دو بخش است:

۱ آنتن دریافت‌کننده اطلاعات ارسالی از ماهواره‌ها.

۲ گیرنده (پردازش‌کننده اطلاعات دریافتی و تعیین‌کننده موقعیت محل آنتن)

نرم‌افزار و ریزپردازنده داخل گیرنده، فاصله بین آنتن زمینی تا ماهواره‌های مرتبط با گیرنده را تعیین می‌کند سپس با استفاده از حداقل ۴ ماهواره موقعیت **X** و **Y** و ارتفاع محل استقرار آنتن یا همان گیرنده تعیین می‌شود.

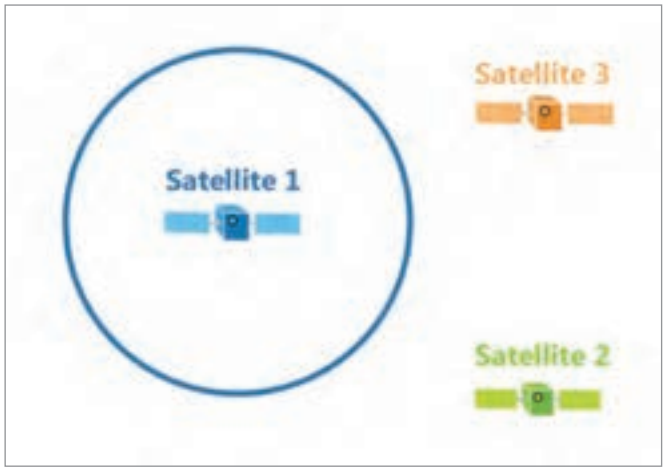
گیرنده‌های جی پی اس (**GPS**) به دو دسته اصلی برابر جدول شماره ۱ تقسیم می‌شوند:

جدول ۱ــ تقسیم‌بندی گیرنده‌های GPS

گیرنده‌های GPS نظامی	
گیرنده‌های GPS غیر نظامی	

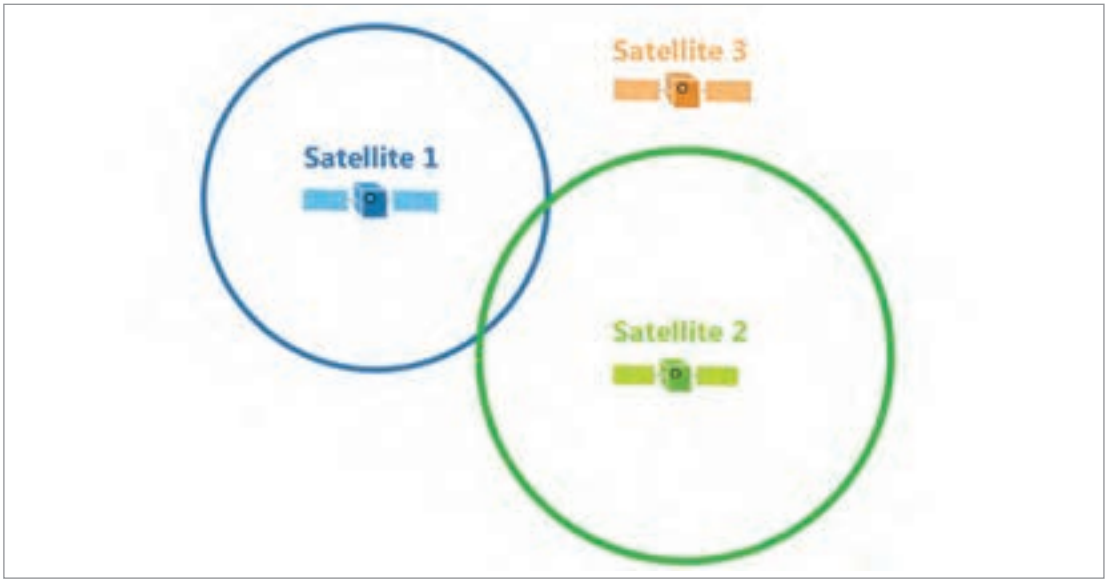
روش تعیین موقعیت توسط GPS: ماهواره‌های این سیستم، در مدارهای دقیق هر روز ۲ بار به دور زمین می‌گردند و اطلاعاتی را به زمین مخابره می‌کنند. گیرنده‌های جی. پی. اس. این اطلاعات را دریافت کرده و با انجام محاسبات هندسی، محل دقیق گیرنده را نسبت به زمین محاسبه می‌کنند. در واقع گیرنده زمان ارسال سیگنال از ماهواره را با زمان دریافت آن مقایسه می‌کند. از اختلاف این دو زمان، فاصله گیرنده از ماهواره تعیین می‌گردد. این عمل را با داده‌های دریافتی از چند ماهواره دیگر تکرار می‌کند و بدین ترتیب محل دقیق گیرنده را با تقریب ناچیز معین می‌کند.

اگر فاصله ما از ماهواره ۱ در حدود ۱۰ کیلومتر باشد بنابراین مکان ما در فضا بر محیط کره به مرکزیت ماهواره ۱ و شعاع ۱۰ کیلومتر منطبق می‌باشد. شکل ۱۷.



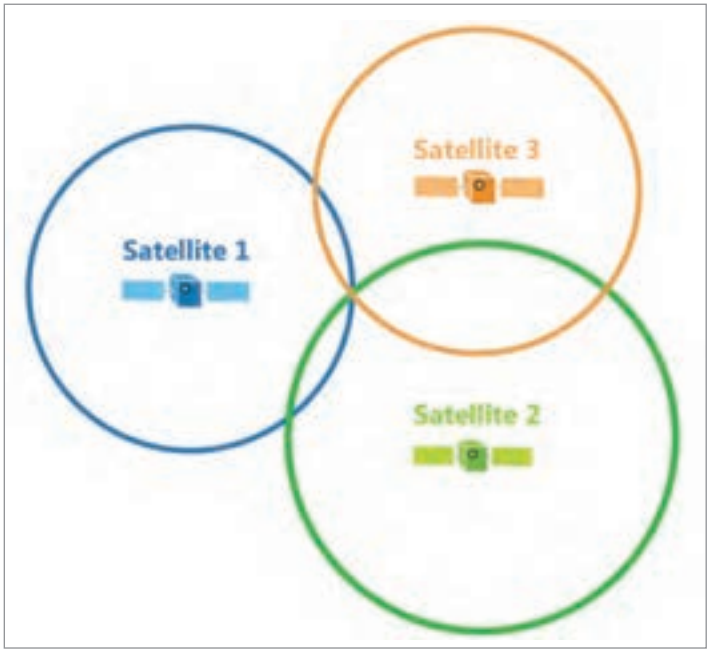
شکل ۱۷

حال فرض می‌کنیم فاصله ما از ماهواره ۲ در حدود ۱۱ کیلومتر باشد. در این حالت نیز مکان ما در فضا برروی محیط کره‌ای به مرکز ماهواره ۲ و شعاع ۱۱ کیلومتر واقع است فصل مشترک این دو کره می‌تواند یک دایره باشد، که مکان ما به‌طور قطع بر روی محیط این دایره قرار دارد. شکل ۱۸.



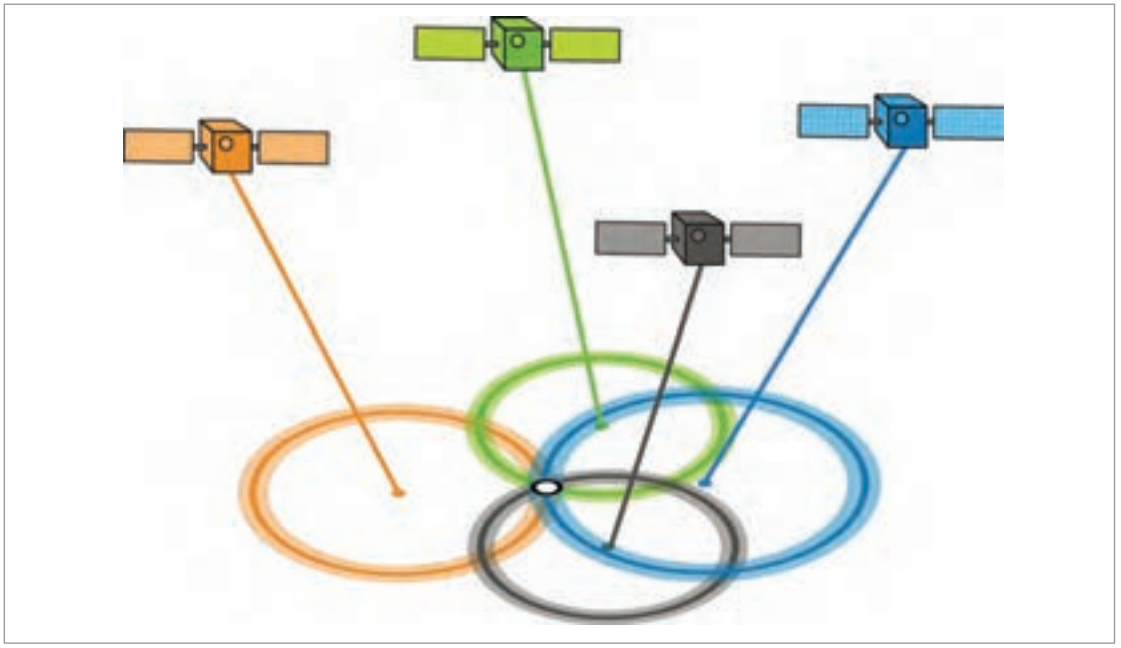
شکل ۱۸

حال اگر ماهواره سوم را نیز در نظر بگیریم که فاصله‌اش با ما ۱۲ کیلومتر باشد. در این صورت فصل مشترک کره مربوط به ماهواره ۳ با فصل مشترک کره‌های ماهوارهٔ ۱و۲ حداکثر دو نقطه می‌باشد که قطعاً یکی از این دو نشان‌دهنده مکان واقعی ما خواهد بود. اما به‌طور قطع یکی از این دو نقطه نامعقول می‌باشد. شکل ۱۹

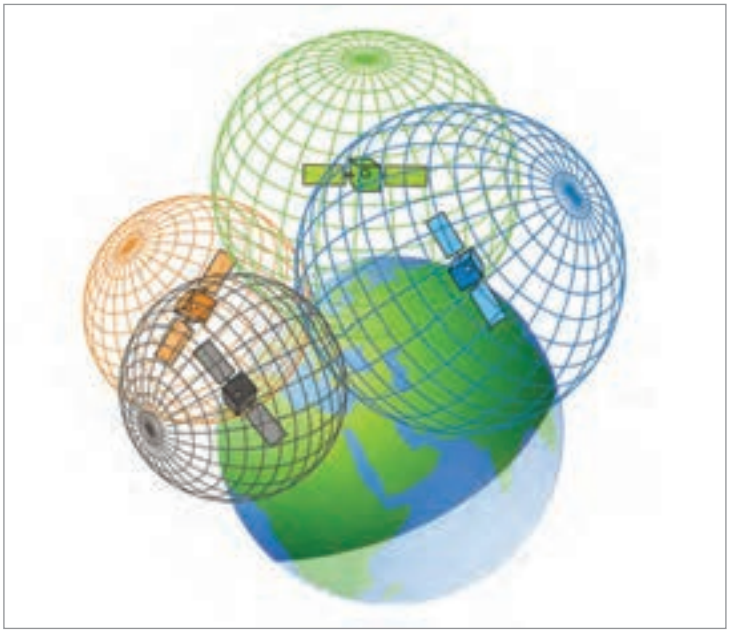


شکل ۱۹

از نظر تئوری با استفاده از۳ ماهواره می‌توانیم مکان خود را به‌دست آوریم. ولی به دلیل فنی اگر چنانچه ماهواره چهارم را همانند ماهواره‌های ۱و۲ انتخاب کنیم، به‌طور قطع فصل مشترک این چهار کره، یک نقطه خواهد بود و این نقطه مختصات مکانی ما را نشان می‌دهد. کاربرانی که در ارتفاعی مشخص قرار دارند، (مانند کشتی‌هایی که در سطح دریا واقع باشند) به سهولت می‌توانند با استفاده از دو ماهواره مکان خود را تعیین نمایند. شکل‌های ۲۰ و ۲۱.



شکل ۲۰



شکل ۲۱

به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که مبنای کار **GPS** استفاده از ماهواره به عنوان مرجعی جهت یافتن موقعیت در هر نقطه زمین می‌باشد. سایر مسایل این سیستم صرفاً جزییات تکنیکی هستند که به سرعت، دقت و سهولت عمل موقعیت‌یابی کمک می‌کنند.

فعالیت کارگاهی

به کمک یک دستگاه جی. پی. اس. دستی موقعیت کلاس خود را مشخص کنید.
آیا به کمک این جی. پی. اس. ارتفاع کلاس از سطح دریا نیز مشخص می‌شود؟

اساس محاسبات سیگنال‌های جی. پی. اس.

در سیستم موقعیت‌یاب جهانی GPS قدم اساسی دانستن میزان مسافت از ماهواره است. بنابراین استفاده از تکنیک‌های پیشرفته به‌منظور محاسبه مسافت، امری اجتناب ناپذیر است. ایده اصلی این موضوع براساس همان معادله سرعت نور در مدت زمان تأخیر استوار است. سیستم GPS بدین صورت کار می‌کند که گیرنده کاربر مدت زمانی را که طول می‌کشد تا امواج رادیویی از ماهواره به او برسد را اندازه‌گیری می‌کند.
همان‌طورکه می‌دانید امواج رادیویی با سرعت نور حرکت می‌کنند. بدین ترتیب گیرنده GPS با حاصل ضرب زمان اندزه‌گیری شده در سرعت نور، مسافت خود را تا ماهواره به‌دست می‌آورد و این کار حداقل بایستی برای ۳ ماهواره مشخص، صورت گیرد. بنابراین باید برای اندازه‌گیری زمان رسیدن به سیگنال از ساعت‌های خیلی کوتاه باشند زیرا امواج با داشتن سرعت نور خیلی سریع حرکت می‌کنند.
مثلاً اگر ماهواره‌ای دقیقاً در بالای سر یک شناور در دریا باشد، حدود ۶۰ میلی ثانیه طول می‌کشد تا امواج رادیویی آن به شناور برسد. دقت ساعت گیرنده‌های GPS حدود نانو ثانیه می‌باشد. یک اختلاف زمانی بین

کپی کد GPS ایجاد شده در گیرنده با اصل کد رسیده از ماهواره وجود دارد که با ضرب‌کردن آن در سرعت نور، شبه فاصله به‌دست می‌آید.
به‌وسیله گیرنده‌های سیستم GPS می‌توان هم به روش مطلق و هم به روش نسبی تعیین موقعیت کرد و برای تعیین موقعیت در هر یک از دو روش فوق می‌توان از روش‌های ایستا (STATIC) ، متحرک (KINEMATICS) و نیمه متحرک (SEMI_KINEMATIC) استفاده کرد.
در روش مطلق، موقعیت نسبی نقطه نسبت به یک نقطهٔ مختصات دار معلوم (X,Y,Z) به‌دست می‌آید. روش تعیین موقعیت نسبی به علت حذف خطاهای سیستماتیک موجود در اندازه گیری‌های GPS از اهمیت خاصی برخوردار است و برای انجام آن نیاز به دو گیرنده جی.پی.اس. (GPS) می‌باشد که به‌طور همزمان ماهواره‌های مشترک را مشاهده و اندازه‌گیری نمایند. منظور از همزمانی، بدین معنی است که شرایط اندازه‌گیری برای هر دو گیرنده مستقر در ایستگاه‌های استقرار، یکی با مختصات معلوم و دیگری با مختصات مجهول، یکسان باشد.
از روش تعیین موقعیت نسبی اکثراً در کارهای نقشه‌برداری و گسترش شبکه‌های ژئودزی استفاده می‌شود.
دقت تعیین مختصات مطلق با سیستم GPS در حال حاضر در بهترین حالت ۳ ± متر می‌باشد و دقت تعیین مختصات نسبی با این سیستم در حد میلی‌متر است.
هر ماهواره جی.پی.اس (GPS) به‌طور مستقل اطلاعات زیر را توسط آنتن‌های تعبیه شده بر روی بدنه اش به زمین ارسال می‌نماید:

۱ امواج حامل :

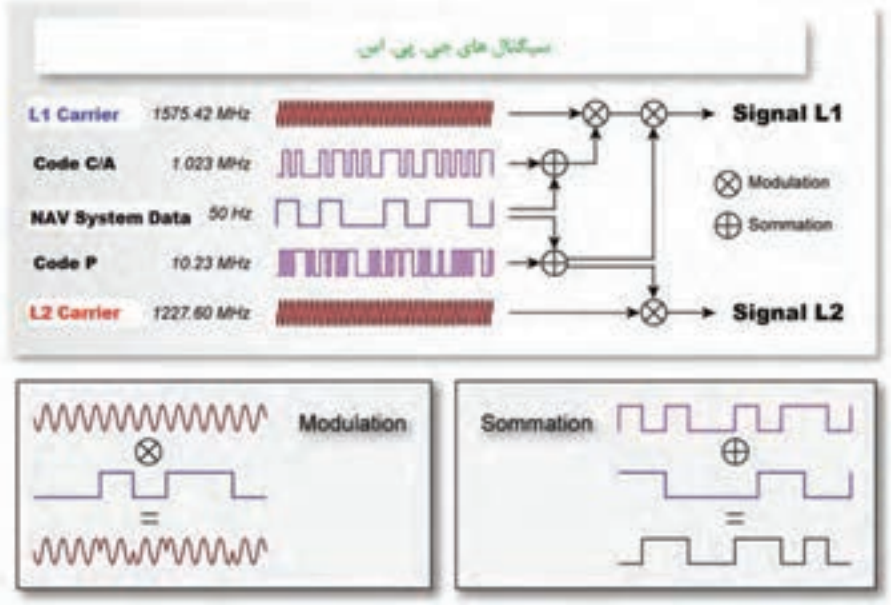
- موج حامل (L۱) با فرکانس F۱=۱۵۷۵,۴۵ MHZ
- موج حامل (L۲) با فرکانس F۲=۱۲۲۷,۶۰ MHZ

۲ کدهای اطلاعاتی(به‌صورت دو دویی) :

جدول ۲ـ کدهای اطلاعاتی GPS

عنوان کد اطلاعاتی	شناسه	فرکانس
کد غیر نظامی	C/A	۱,۰۲۳ MHZ
کد دقیق	P	۱۰,۲۳ MHZ
کد سری	Y	۱۰,۲۳ MHZ

برای رسیدن به حداکثر دقت و کارآیی GPS توسط یک گیرنده باید از گیرنده ای استفاده کرد که هر دو موج حامل L۱ و L۲ و کدهای فوق را دریافت نموده و بتواند کد سری Y را به یک کدP و بالعکس تبدیل کند.

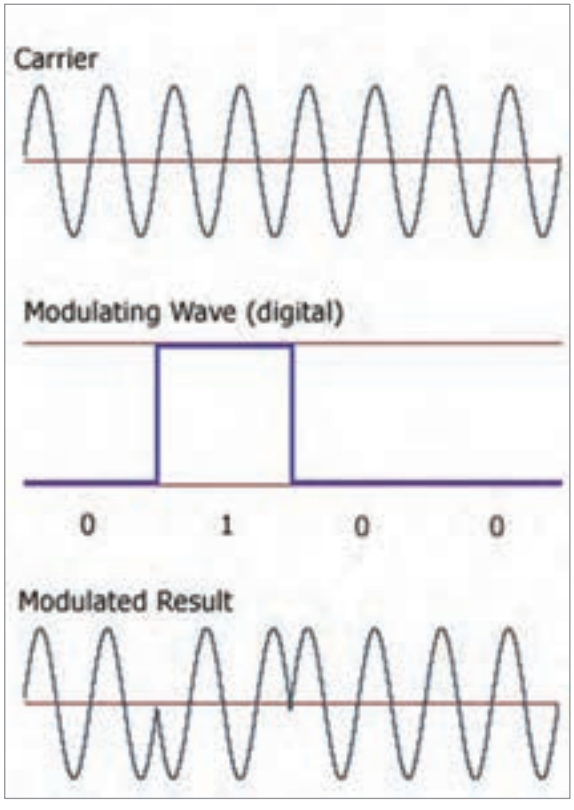


شکل ۲۲ـ سیگنال‌های GPS

۳ پیام ماهواره(MESSAGE) با فرکانس F=۱۵۰۰ MHZ که حامل اطلاعات زیر می‌باشد:

- اطلاعات مدار ماهواره که مربوط به موقعیت ماهواره می‌شود.
- اطلاعات مربوط به زمان.
- اطلاعات شماره ماهواره.
- اطلاعات مربوط به ضریب دقت آرایش هندسی ماهواره‌ها (لازم به ذکر است که چنانچه ماهواره‌ها در افق منطقه مورد نظر باشند نه در بالای سر و یا اگر زاویه هر دو ماهواره با هم ۱۲۰ درجه باشد تعیین موقعیت محل دارای دقت بیشتری خواهد بود.)

مجموعه اطلاعات فوق یعنی امواج حامل، کدهای اطلاعاتی و پیام ماهواره، همراه یکدیگر توسط مدولاسیون فاز به سمت زمین مخابره شده و گیرنده‌های زمینی که قابلیت‌ها و انواع متفاوتی دارند، ضمن دریافت مجموعه فوق پس از عمل DE MODULATION هر بخش را برای منظور خاص خود مورد استفاده قرار می‌دهد. (شکل۲۳)



شکل ۲۳ـ مدولاسیون و دمدولاسیون اطلاعات GPS

دریافت کلیه اطلاعات ذکر شده در موارد سه گانه بالا را داشته باشد و بتواند هر یک را به طرق جداگانه دریافت کند و ارزان‌ترین گیرنده هم گیرنده‌ای است که تنها قابلیت دریافت موج حامل L۱ و کد C/A و پیام ماهواره را دارد. گفتنی است که کد C/A فقط بر روی موج L۱ مدوله می‌شود ولی کدP بر روی هر دو موج وجود دارد.

ما اگر بخواهیم عملکرد این ماهواره‌ها به‌طور ساده تر بررسی کنیم به نتایج زیر می‌رسیم:

سیگنال‌هایی که هر ماهواره GPS ارسال می‌کند شامل یک کد شبه تصادفیPseudo Random Code، داده‌ای بنام Ephemeris و یک داده تقویمی بنام Almanac می‌باشد. کد شبه تصادفی مشخص کننده ماهواره ارسال‌کننده اطلاعات (کد شناسایی ماهواره) می‌باشد.

بیشتر بدانید

هر ماهواره با کدی مخصوص شناسایی می‌شود. RPN Random Code Pseudo عددی است بین ۱ و ۳۲ . این عدد در گیرنده هر GPS نمایش داده می‌شود. دلیل اینکه تعداد این شناسه‌ها بیش از ۲۸ می‌باشد امکان تسهیل در نگهداری شبکه GPS باشد. زیرا ممکن است یک ماهواره پرتاب شود و شروع به کار نماید قبل از اینکه ماهواره قبلی از رده خارج شده باشد. به این دلیل از یک عدد دیگر بین ۱ و ۳۲ برای شناسایی این ماهواره جدید استفاده می‌شود.

داده‌های Ephemeris دائماً به‌وسیله ماهوارها ارسال می‌گردد و حاوی اطلاعاتی در مورد وضعیت خود ماهواره (سالم یا ناسالم) و تاریخ و زمان فعلی می‌باشد. گیرنده GPS بدون وجود این بخش از پیام در مورد زمان و تاریخ فعلی درکی ندارد. این بخش پیام نکته اساسی برای تعین مکان می‌باشد.

تقویم Almanac داده‌هایی را انتقال می‌دهد که نشان‌دهنده اطلاعات مداری برای هر ماهواره و تمام ماهواره‌های دیگر سیستم می‌باشد.

شکل ۲۴

حال می‌توان شیوه کار GPS را بهتر بررسی کرد. هر ماهواره پیامی‌را ارسال می‌کند که به‌طور ساده می‌گوید :
من ماهواره شماره X هستم، موقعیت فعلی من Y است، و این پیام در زمان Z ارسال شده است.
هر چند که این شکل ساده شده پیام ارسالی است ولی می‌تواند کل طرز کار سیستم را بیان نماید. گیرنده GPS پیام را می‌خواند و داده‌های را جهت استفاده بعدی ذخیره می‌نماید. این اطلاعات می‌توانند برای تصحیح و یا تنظیم ساعت درونی GPS نیز به‌کار روند.
حال برای تعیین موقعیت، گیرنده GPS زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. تفاوت این دو مشخص‌کننده فاصله گیرنده GPS از ماهواره مزبور می‌باشد. این عملی است که دقیقاً یک گیرنده GPS انجام می‌دهد. با استفاده از حداقل سه ماهواره یا بیشتر، GPS می‌تواند طول و عرض جغرافیایی مکان خود را تعیین نماید. (که آن را تعیین دو بعدی می‌نامند) و با تبادل با چهار (و یا بیشتر) ماهواره یک GPS می‌تواند موقعیت سه بعدی مکان خود را تعیین نماید که شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد. با انجام پشت سر هم این محاسبات، GPS می‌تواند سرعت و جهت حرکت خود را نیز به دقت مشخص نماید.

شکل ۲۵ـ ماهواره‌های کمک ناوبری

امروزه در بعضی مکان‌های ایران، قادر به دریافت اطلاعات تا ۱۰ ماهواره می‌باشیم و حداقل به ۴ تا ۵ ماهواره در هر زمان از شبانه روز و در هر مکان دسترسی داریم.

شکل ۲۶ـ نمونه دستگاه‌های GPS دستی

هر قدر تعداد ماهواره‌های قابل مشاهده بیشتر شود معادلات اساسی تعیین موقعیت بیشتر خواهند شد و بنابراین زمان لازم برای تعیین موقعیت یک نقطه کاهش یافته و دقت تعیین موقعیت نیز افزایش خواهد یافت.

شکل ۲۷ـ دستگاه GPS ثابت

جدول ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری	کاربا دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری	توانمندی درخصوص ناوبری نجومی و استفاده از GPS به‌منظور مکان‌یابی در دریا	بالاتر از حد انتظار	۱ تشریح اصول ناوبری نجومی. ۲ شناخت و تشریح عملکرد ابزارهای سنجش ناوبری نجومی. ۳ تشریح اصول عملکرد ماهواره‌های مکان‌یابی. ۴ تشریح عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانی. ۵ تشریح انواع تجهیزات موقعیت‌یاب ماهواره‌ای بر اساس نوع کاربرد تجاری و نظامی ■ هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ تشریح اصول ناوبری نجومی. ۲ شناخت و تشریح عملکرد ابزارهای سنجش ناوبری نجومی. ۳ تشریح اصول عملکرد ماهواره‌های مکان یابی. ۴ تشریح عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانی. ۵ تشریح انواع تجهیزات موقعیت‌یاب ماهواره‌ای بر اساس نوع کاربرد تجاری و نظامی ■ هنرجو توانایی بررسی سه مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حدانتظار	۱ تشریح اصول ناوبری نجومی. ۲ شناخت و تشریح عملکرد ابزارهای سنجش ناوبری نجومی. ۳ تشریح اصول عملکرد ماهواره‌های مکان‌یابی. ۴ تشریح عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانی. ۵ تشریح انواع تجهیزات موقعیت‌یاب ماهواره‌ای بر اساس نوع کاربرد تجاری و نظامی ■ هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

چراغ‌های ناوبری

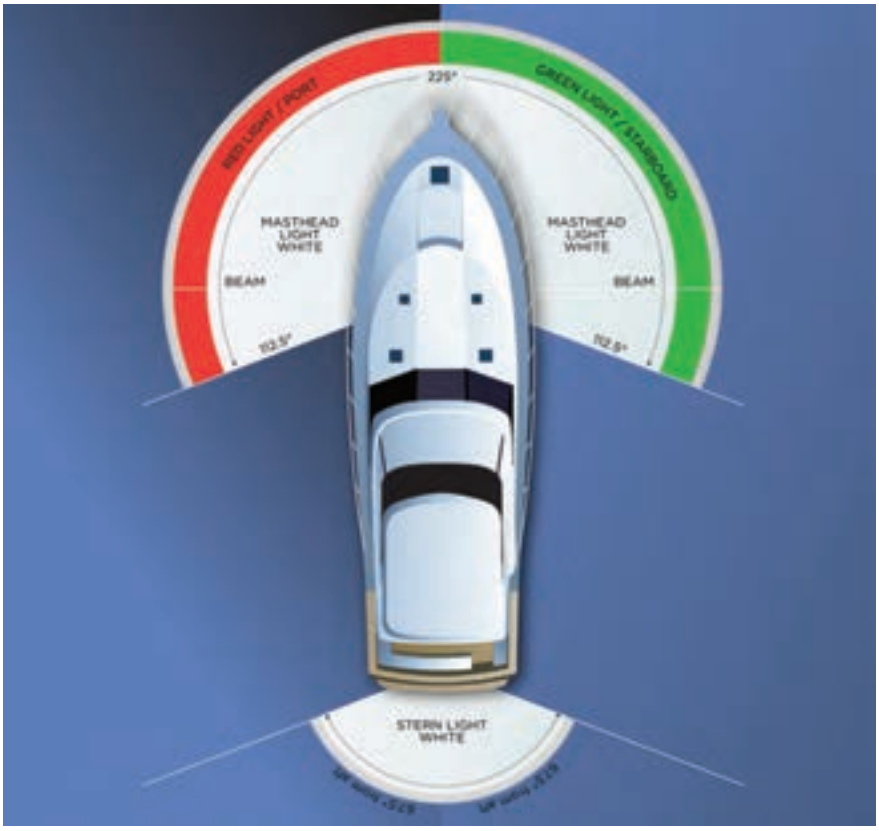
تمامی شناورهای نظامی و تجاری که در شب یا در شرایط دید محدود تردد می‌نمایند، بایستی از چراغ‌های ناوبری مصوب استفاده کنند. حتی شناورهایی که از زمان غروب آفتاب تا سحر، در حال تردد نیستند نیز باید از چراغ‌های ناوبری استفاده کنند، مانند شناوری که در لنگر باشد یا در زمان وقوع رگبار شدید باران قرار گیرد.

شکل ۲۸ـ انواع چراغ‌های ناوبری

اهمیت و عملکرد چراغ‌های ناوبری

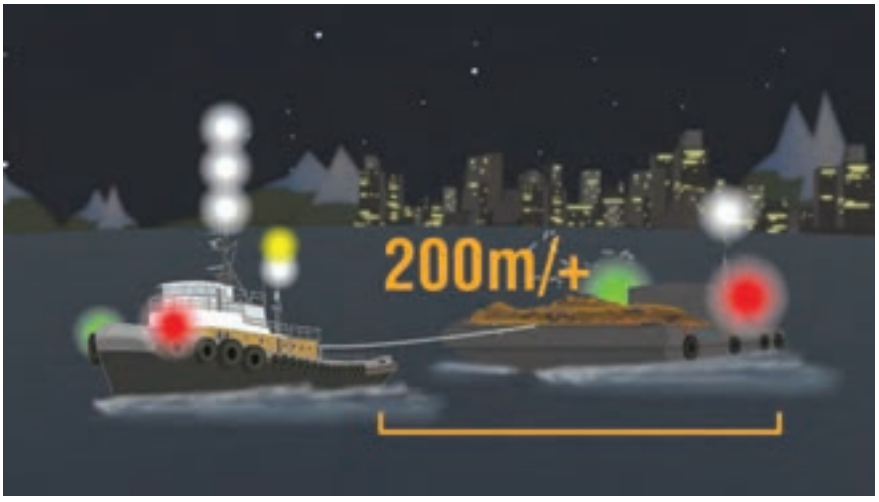
مهم‌ترین عملکرد چراغ‌های ناوبری، کمک به جلوگیری از وقوع هرگونه تصادف سنگین در دریا می‌باشد. تمامی شناورهای سبک و سنگین، تجاری و نظامی، نیازمند داشتن چراغ‌های شب به‌عنوان جزیی از سیستم ناوبری می‌باشند. برابر اصول قوانین چراغ‌های ناوبری، سه رنگ برای به‌کارگیری در چراغ‌های انتخاب گردیده است.

امروزه چراغ‌های ناوبری دریایی به تبعیت از قوانین بین‌المللی، شامل سه چراغ به رنگ‌های سبز، قرمز و سفید می‌باشد که به‌طور یکسان برابر الگوی شکل در همه شناورها به‌کار برده می‌شود.



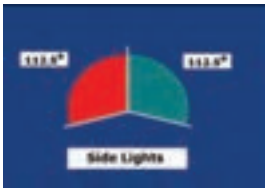
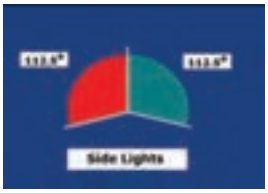
شکل ۲۹ـ الگوی قرارگیری چراغ‌های ناوبری بر روی کشتی‌ها و قایق‌ها

الگوی قرارگیری چراغ‌های ناوبری بر روی کشتی‌ها و قایق‌ها، مطابق قوانین انجمن بین‌المللی چراغ‌های دریایی (IALA) می‌باشد. (IALA, International Association of Lighthouse Authorities) (شکل۲۹) الگوی چراغ‌های ناوبری برابر جدول شماره ۳ توصیف می‌شود:

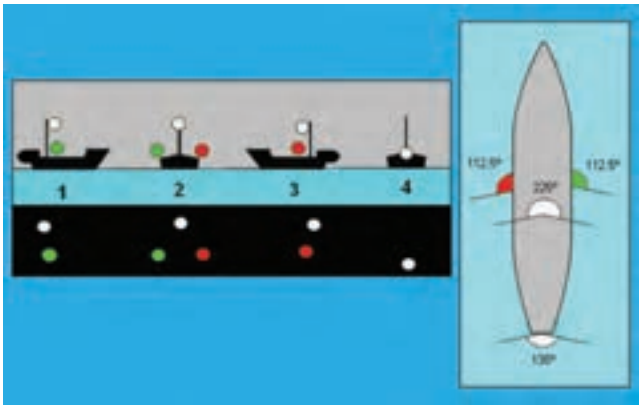


شکل ۳۰

جدول ۳

عنوان	رنگ	قطاع دید	محل نصب	تصویر
Masthead چراغ دکل	سفید		تقریباً وسط شناور متمایل به سینه	
Port Sidelight چراغ برد راست	سبز		جلو شناور برد راست	
Starboard Sidelight چراغ برد چپ	قرمز		جلو شناور برد چپ	
Stern Light چراغ پاشنه	سفید		عقب شناور پاشنه	
Towing Light چراغ یدک پاشنه	زرد		عقب شناور پاشنه	

فاصله دیدن چراغ‌های ناوبری از سه تا شش مایل دریایی، بسته به نوع شناور متفاوت است. مسافت دیدن



شکل ۳۱ــ دیده شدن چرغ‌های ناوبری از جهت‌های مختلف

چراغ‌های ناوبری کشتی‌های بزرگ در مقایسه با شناورهای کوچک و قایق‌ها بیشتر است. (جدول۴)

جدول ۴ـ مسافتی که چراغ‌های ناوبری انواع شناورها در آن قابل دیدن هستند

چراغ‌ها	مسافت	مسافت	مسافت
(مسافت مایل دریایی)	شناور بالای ۵۰ متر	شناور بین ۱۲ تا ۵۰ متر	شناور کوتاه تر از ۵۰ متر
Masthead Light	۶	۳ یا ۵	۲
Side Light	۳	۲	۱
Stern Light	۳	۲	۲
Towing Light	۳	۲	۲
All Round Light	۳	۲	۲

سرویس و نگهداری چراغ‌های ناوبری

چراغ‌های ناوبری در محلی بلندی از شناور نصب می‌شوند که از فاصله دور به سهولت برای سایر شناورها قابل دیدن باشند، اما زمانی که موضوع انجام سرویس و یا تعمیرات مطرح می‌شود، ارتفاع بلند محل نصب چراغ‌های ناوبری، دسترسی به آنها را به ویژه در دریاهای آزاد، امری خطرناک و دشوار می‌سازد.

در مجموع سه محل مهم برای نصب چراغ‌های ناوبری در شناور وجود دارد:

- دکل جلو،
- دکل اصلی،
- جایگاه نصب چراغ‌های ناوبری در پاشنه

شکل ۳۲ـ محل نصب چراغ‌ها ناوبری

فعالیت کلاسی

درخصوص محل نصب و کاربرد هر کدام از چراغ‌های نام برده شده در جدول شماره ۳ بحث کنید.

اقدامات ایمنی زیر بایستی قبل از شروع هرگونه تعمیرات یا سرویس بر روی چراغ‌های ناوبری، مدنظر قرار گیرد:

- مجوز انجام تعمیرات یا سرویس اخذ شود.
- علایم هشداردهنده نصب و افسر یا مسئول مربوطه در جریان کار قرار گیرد.
- سعی شود تا حد امکان، سرویس‌های برنامه‌ای و روتین چراغ‌ها، زمانی که شناور در اسکله است، انجام شود.
- قبل از بالا رفتن از دکل، مجوز کار در ارتفاع، اخذ شود.
- رادار خاموش و فیوز آن خارج شود.
- تغذیه صوت شناور قطع شود.
- تمامی دستگاه‌های رادیویی که آنتن آنها در نزدیکی دکل بوده و برای سلامتی انسان مضر می‌باشند، خاموش شوند.
- زمانی که مجبور هستید در حال دریا نوردی، بر روی چراغ‌های ناوبری کار کنید، قبل از بالا رفتن از دکل، سرعت و جهت وزش باد را از بادسنج شناور، کنترل نمایید. در صورتی که باد شدید باشد، از بالارفتن از دکل خودداری کنید.
- رول و پیچ شناور را چِک کنید. اگر میزان آن زیاد باشد، از بالا رفتن از دکَل خودداری کنید.

شکل ۳۳ـ ایمنی در انجام تعمیرات

فعالیت کارگاهی

یک دستگاه چراغ ناوبری را در کلاس باز کرده و اجزای آن را مشاهده کنید.
درخصوص منبع تغذیه چراغ‌های ناوبری بحث کنید.

شکل ۳۴ـ چراغ‌های ناوبری

جدول ارزشیابی

عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
کاربری دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری	بررسی دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری	چگونگی کار با دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری	بالاتر از حد انتظار	۱ تشریح عملکرد چراغ‌های ناوبری. ۲ تشریح محل‌های نصب چراغ‌های ناوبری بر روی شناور. ۳ آگاهی از روش نگهداری و تعمیر چراغ‌های ناوبری در دریا و ساحل ■ هنرجو توانایی بررسی همه شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۳
			در حد انتظار	۱ تشریح عملکرد چراغ‌های ناوبری. ۲ تشریح محل‌های نصب چراغ‌های ناوبری بر روی شناور. ۳ آگاهی از روش نگهداری و تعمیر چراغ‌های ناوبری در دریا و ساحل ■ هنرجو توانایی بررسی دو مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۲
			پایین‌تر از حدانتظار	۱ تشریح عملکرد چراغ‌های ناوبری. ۲ تشریح محل‌های نصب چراغ‌های ناوبری بر روی شناور. ۳ آگاهی از روش نگهداری و تعمیر چراغ‌های ناوبری در دریا و ساحل ■ هنرجو توانایی بررسی یک مورد از شاخص‌های فوق را داشته باشد.	۱
نمرهٔ مستمر از ۵					
نمرهٔ شایستگی پودمان از ۳					
نمرهٔ پودمان از ۲۰					

ارزشیابی شایستگی کاربری دستگاه‌های موقعیت‌یاب و چراغ‌های ناوبری

۱ـ شرح کار:

- تشریح اصول ناوبری نجومی.
- شناخت و تشریح عملکرد ابزارهای سنجش ناوبری نجومی.
- تشریح اصول عملکرد ماهواره‌های مکان‌یابی.
- تشریح عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانی.
- تشریح انواع تجهیزات موقعیت‌یاب ماهواره‌ای بر اساس نوع کاربرد تجاری و نظامی
- تشریح عملکرد چراغ‌های ناوبری.
- تشریح محل‌های نصب چراغ‌های ناوبری بر روی شناور.
- آگاهی از روش نگهداری و تعمیر چراغ‌های ناوبری در دریا و ساحل

۲ـ استاندارد عملکرد:

توانمندسازی هنرجویان در تحلیل عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانیGPS و چراغ‌های ناوبری به‌کار رفته در شناورها.

۳ـ شاخص‌ها:

تشریح کامل تجهیزات و دستگاه‌های ناوبری نجومی، ناوبری الکترونیکی.

۴ـ شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: مکان مناسب انجام کار و کارگاه مجهز به تجهیزات ناوبری نجومی و ناوبری الکترونیکی

ابزار و تجهیزات: تجهیزات ناوبری نجومی تجهیزات ناوبری الکترونیکی ـ چراغ‌های راه

۵ـ معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تشریح اصول ناوبری نجومی.	۲	
۲	شناخت و تشریح عملکرد ابزارهای سنجش ناوبری نجومی.	۲	
۳	تشریح اصول عملکرد ماهواره‌های مکان یابی.	۱	
۴	تشریح عملکرد سیستم موقعیت‌یاب جهانی.	۱	
۵	تشریح انواع تجهیزات موقعیت‌یاب ماهواره‌ای براساس نوع کاربرد تجاری و نظامی.	۱	
۶	تشریح عملکرد چراغ‌های ناوبری.	۲	
۷	تشریح محل‌های نصب چراغ‌های ناوبری بر روی شناور.	۱	
۸	آگاهی از روش نگهداری و تعمیر چراغ‌های ناوبری در دریا و ساحل	۱	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: ۱ـ رعایت نکات ایمنی دستگاه‌ها؛ ۲ـ دقت و تمرکز در اجرای کار؛ ۳ـ شایستگی تفکر و یادگیری مادام‌العمر؛ ۴ـ رعایت اصول و مبانی اخلاق حرفه‌ای		۲	

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.