فیزیک غواصی

۱- اصطلاحات

۱-۱-ماده

به ذراتی که فضا را احاطه می کند ماده گفته می شود .

۱-۲-عنصر

ساده ترین شکل ماده است که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشخصی بوده و آنرا نمی توان با وسائل آزمایشگاهی به اجزای کوچکتری تقسیم نمود . تاکنون ۱۰۹ عنصر مورد شناسایی قرار گرفته که در این میان، تعداد ۱۲ عنصر آنچنان نایاب هستند که حتی در طبیعت نیزیافت نمیشوند و تنها نمونهٔ آنها را در آزمایشگاهها میتوان تولید کرد . عناصر از اتمها که کوچکترین ذرات ماده هستند ، تشکیل یافته اند . اتمها را می توان به ذرات کوچکتری مثل الکترونها ، نوترونها و پروتونها تجزیه نمود . چنانچه اتمها در کنار یکدیگر قرار گیرند ، تشکیل مولکول میدهند ، که نوعاً خصوصیات متفاوتی نسبت به اتمهای تشکیل دهنده دارند . بطور مثال زمانیکه ۲ اتم هیدروژن با یک اتم اکسیژن ترکیب گردد یک مولکول از یک ماده جدید بنام H_2O یا آب تشکیل خواهد شد .

برخی از مولکولها در حرکتند و سعی در ادغام با سایر مولکولها دارند و بعضی از ملکولها ساکن اند و بطور طبیعی یا به سادگی نمی توانند با مواد دیگری ترکیب شوند .

هر جسم یا عنصری که از تشکیل اتمها بوجود میآید ، میتواند به سه حالت جامد ، مایع یا گاز وجود داشته باشد . به طور مثال ، آب قادر است به شکل بخار وجود داشته باشد و در صورت بروز سرما می تواند از حالت مایع به جامد (یخ) نیز تبدیل گردد .

۳-۱-انرژی

توانایی انجام کار را انرژی گویند . در فیزیک قوانین طبیعی متعددی وجـوددارد . یکـی از ایـن قوانین در خصوص حفظ و پایداری انرژی است . بطور کلی انرژی در فضا خود بـه خـود بوجـود نمی آید و بیمورد نیز از بین نمی رود ، بلکه انرژی می تواند از حالتی به حالـت دیگـری تغییـر یابد . برای مثال ، انرژی الکتریکی قابل تبدیل به انرژی نوری و بالعکس انرژی نوری قابل تبدیل شدن به انرژی الکتریکی میباشد.

۲-سیستمهای اندازه گیری رایج در غواصی

درک و کاربری اصـول و خـواص فیزیکـی در غواصـی ،مسـتلزم فراگیـری انـواع انـدازه گیریهـا می باشد . دو سیستم اندازه گیری نیرو ،طول و زمان در محاسبات مختلف مـورد اسـتفاده قـرار می گیرند که شامل : سیستم انگلیسی ، و سیستم متریک می باشند . اساس سیستم انگلیسی بر پوند ، فوت و ثانیه بوده و سیستم متریک شامل واحدهای کیلوگرم ،متر و ثانیه است . جهـت تبدیل یک سیستم به سیستم دیگر لازمست به موارد ذیل دقت گردد :

یک متر برابر است با ۳۹/۳۷ اینچ(۱اینچ برابر است با ۲/۵۴ سانتیمتر)
یک متر برابر است با ۱۰۰ سانتیمتر و ۱۰۰۰ میلی متر.
جهت اندازه گیری فواصل طولانی از واحد کیلومتر (۱۰۰۰متر) استفاده می شود.
جهت اندازه گیری ظرفیت یا حجم از واحد لیتر (۱۰۰۰سانتی متر مکعب) استفاده میشود .
برای اندازه گیری وزن از واحد کیلوگرم (۱۰۰۰گرم)استفاده میشود که معادل ۲/۲ پوند است.
بـرای انـدازه گیـری درجـه حـرارت از واحـد سـانتیگراد برپایـه نقطـهٔانجماد آب(صـفردرجه سـانتیگراد)و نقطـهٔجوش آب (۱۰۰درجـه سـانتیگراد)ویا واحـد فارنهایـت بـر پایهٔنقطـهٔانجماد (۳۲درجه فارنهایت)و نقطهٔجوش (۲۱۲درجه فارنهایت)استفاده میشود .

بمنظور تبدیل درجه حرارت بر حسب سانتیگراد به فارنهایت بالعکس دو فرمول زیر را به خاطر داشته باشید :

تبدیل سانتیگراد به فارنهایت $^{\circ}F = (\frac{9}{5} \times C^{\circ}) + 32$ ۱)

تبدیل فارنهایت به سانتیگراد $^{\circ}C = \frac{5}{9} \times (F^{\circ} - 32)$ ۲)

۲-۱-دمای مطلق

مقادیر درجه حرارت مطلق همواره در محاسبات مورد استفاده قرار میگیرد .درجه حرارت های مطلق بر پایهٔصفر مطلق (پائین ترین در جه حرارتی که میتوان به آن رسید)قرار گرفته اند که در این درجه حرارت حرکت مولکولها بطور کلی متوقف میشود.

برای تبدیل سانتیگراد به دمای مطلق از فرمول $K^{\circ} = C^{\circ} + 273$ استفاده میگردد که به آن درجه حرارت کلوین میگویند.بنا براین درجه سرمای صفر مطلق برابر است با ۲۷۳- درجه سانتیگراد.

۲-۲-فشار

نیروی وارد بر سطح ماده را فشار گویند . طبق سیستمهای اندازه گیری انگلیسی واحد فشار برابر با پوند بر اینچ مربع (PSI) یا پاسگال می باشد و در سیستم متریک فشار در مقیاس کیلوگرم بر سانتی متر مربع اندازه گیری میگردد.فشار در زیر آب از دو عامل وزن آب احاطه کننده غواص و وزن اتمسفر روی آب که معادل یک کیلوگرم برسانتیمتر مربع یا ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع و یا۱ اتمسفر مطلق می باشد،نتیجه میشود .فشار اتمسفر در هر نقطه از سطح دریا ثابت است.

هر چیزی که در روی زمین وجود دارد در یک حالت تعادل فشار قرار دارد. بطور مثال ،فشار درون بدن شما با فشار محیط اطراف شما برابر است.

هر ۱۰۰۰۰۰ پاسکال برابر با یک بار یا یک اتمسفر مطلق و یا ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع است.

۲-۳-فشار اتمسفری

وزن هوای اتمسفر را فشار جو یا فشار اتمسفر گویند که در اندازه گیری فشار داخل یا خارج یک جسم کاربرد دارد . در اندازه گیری فشار توسط گیجهای فشار ساخته شده، فشار اتمسفر نا دیده فرض میگردد ، لذا اختلاف بین فشار ثابت اتمسفر و فشار متغییر اندازه گیری شده، فشار گیج نامیده می شود .

برای مثال ، اگر هوای موجود در یک کپسول غواصی توسط گیج ، معادل ۱۳۰ کیلو گرم بر سانتی متر مربع نشان داده شود، در واقع فشار کل موجود در کپسول (۱+۱۳۰)کیلو گرم بر سانتی متر مربع یا ۱۳۱ اتمسفر خواهد بود . نظر به اینکه هیچگاه فشار ۱ اتمسفر از بین نمی رود و همواره ثابت است ، لذا در فشار گیج نادیده فرض میگردد .

۴-۲-فشار مطلق

به مجموعه فشار اتمسفریک و فشار هیدرواستاتیک (فشار آب) که بر روی یک جسم غوطه ور در آب اعمال می شود ، فشار مطلق گویند .

فشار مطلق = فشار هیدروستاتیک) + فشار گیج 1اتمسفر یا ۱۴/۷ PSI

نظر به اینکه تغییرات شرایط جوی محل تاثیر چندانی بر فشار اتمسفریک ندارد،لذا همواره فشار اتمسفریک را برابر ۱۴/۷ PSI یا ۱ اتمسفردر نظر میگیریم . فشار هیدرواستاتیک در واقع ناشی از وزن مایع بالای سر غواص می باشد . وزن آب موجود در هر سطح همواره بشکل فشار به سطح زیرین منتقل میشود و این فشار در تمام سطوح آب بطور یکسان انتقال می یابد . جهت انجام محاسبات ، ارتباط بین عمق آب دریا برحسب فوت یا متر ، فشار آب (فشار گیج)و فشار مطلق بشرح ذیل مطرح میگردد .

۱-هر ۳۳ فوت یا ۱۰ مترعمق در آب شور دریا، فشاری معادل ۱۴/۷ PSIاعمال میکند و هر ۱۴/۷ PSIبرابر یک اتمسفر یا ۱ کیلو گرم بر سانتی متر مربع می باشد . لذا بمنظورمحاسبه فشار مطلق آب بر حسب اتمسفر با مشخص بودن عمق آب دریا می نویسیم :

فشار مطلق بر حسب اتمسفر = (D یا عمق آب بر حسب فوت) ÷ ۳۳ +۱

فشار مطلق بر حسب اتمسفر= (D یا عمق آب بر حسب متر) ÷ 10 +1

۲- بمنظور محاسبه فشار مطلق آب بر حسب پوند براینچ مربع با مشخص بودن عمق آب دریا می نویسیم :

فشار مطلق بر حسب پوند بر اینچ مربع = (D یا عمق آب بر حسب متر) × ۱۴/۷ + ۱۴/۷

مثال : غواصی در عمق۵۰ متری از سطح دریا قرار دارد ، فشار آب و فشار مطلـق وارد بـر بـدن غواص را محاسبه نمائید .

۵ = ۵۰ / ۱۰ = فشار آب بر حسب اتمسفر

۵ = ۱+۵ = فشار مطلق بر حسب اتمسفر

۳-گازهای مورد نیاز غواصان

گروه ویژه ای از گازها در غواصی مورد توجه هستند و از بین این گروه ۸نوع آنها مهمتر بـوده و بطور طبیعی و با مقادیر مختلف در اتمسفر یافت میشوند. این گازها عبارتنـد از اکسـیژن ، ازت، هلیوم ، هیدروژن، نئون ، دی اکسیدکربن (منواکسید کربن) و بخار آب .
اغلب گازها همیشه بصورت مخلوطی از یکدیگر هستند مثلاًهوا بطور طبیعی مخلوطی از بیشـتر آنهاست . در بعضی از فعالیتهای غواصی ، مخلوط ویژه ای از اکسیژن و یک یا چند گـاز دیگـر ممکن است بکارگرفته شود .

۱-۳-اکسیژن (O_2)

اکسیژن مهمترین گازهاست و یکی از فراوانترین عناصر روی زمین است . هوای اتمسـفر شـامل تقریباً ۲۱٪ اکسیژن است که بطور آزاد و بصورت دو اتمی موجود می باشد که ایـن دو اتـم در موقع تشکیل یک ملکول بهم می چسبند .
این کاز بیرنگ ، بی بو، بی طعم و فعال بوده و به آسانی با عناصر دیگـر ترکیـب میشـود تقریبـاً ۸۹٪ وزن آب را اکسیژن تشکیل میدهد . آتش بدون اکسیژن نمیسوزد و انسان بدون اکسـیژن نمیتواند زندگی کند .

این اکسیژن هواست که ما تنفس میکنیم و تنها اکسیژن است که واقعاً در بدن مصرف میشود بقیه ۷۹٪ هوا برای رقیق نمودن و حل اکسیژن است . اکسیژن خالص ۱۰۰٪ اغلب برای تنفس در بیمارستان ها و هواپیماها بکار میرود . گاهی اوقات اکسیژن ۱۰۰٪ در عملیات غواصی عمق کم مورد استفاده قرار میگیرد . بهر حال اگر شخصی در تحت فشار ، اکسیژن خالص تنفس نماید خطراتی جدی ناشی از مسمومیت گاز اکسیژن برای او بوجود خواهد آمد .

۲-۳-نیتروژن (ازت)N2

ازت مانند اکسیژن بیرنگ ، بی بو و بی طعم است و یکی از عناصری است که در تمام فعالیتهای حیاتی موجود است ، ازت بر خلاف اکسیژن باعث حیات موجودات زنده و یا باعث احتراق نمیشود و به آسانی با عناصر دیگر ترکیب نمیگردد . ازت هوا در حالت آزاد بی اثر بوده و اساساً عامل حمل اکسیژن است . ازت بعنوان رقیق کننده اکسیژن در غواصی مورد توجه قرار دارد ولیکن در تحت بعضی از شرایط مضراتی نیز نسبت به سایر گازها دارد .
تخدیرازت نتیجه نامطلوب (خصوصیات بیهوش کننده) تنفس ازت در فشار زیاد است که باعث از بین رفتن شعورو قدرت تصمیم گیری غواص میشود . بهمین دلیل از هوای فشرده در فعالیتهای غواصی عمق زیاد استفاده نمی گردد.

۳-۳-هلیوم(He)

هلیوم نیزیکی از گازهای بیرنگ ، بی بو و بی طعم است ولی این گازتک اتمی است یعنی این گاز در حالت آزادش بصورت یک اتم تنها وجود دارد . هلیوم کاملاً بی اثربوده و آنقدر بی اثر است که حتی با خودش هم ترکیب نمیشود . همچنین هلیوم در آب نامحلول است. هلیوم یک عنصر نایاب است و تنها در هوا و به مقدار خیلی کم موجود می باشد. هلیوم هفت بار سبکتر از هوا است . هنگامیکه از هلیوم به عنوان گاز رقیق کننده اکسیژن استفاده میشود مسائل تخدیر ازت دیگر پیش نمیآید ولی هلیوم مضراتی مخصوص بخود دارد . یکی از این مضرات تغییر صدای غواص است که موجب ایجاد اخلال در بر قراری ارتباطات صوتی در

فعالیتهای غواصی عمق زیاد میگردد. (درچنین شرایطی صوت غـواص زیـر و نـازک میشـود) . همچنین هلیوم بلحاظ قابلیت بالای هدایت و انتقال گرما ، حائـل از دسـت دادن سـریع دمـای بدن غواص میباشد .

۴-۳-هیدروژن (H_2)

هیدروژن ، دو اتمی ، بیرنگ ، بی بو ، بی طعم و چنان فعال است که بسـهولت بصـورت آزاد در روی زمین یافت میشود . هیدروژن فراوان ترین عنصر در تمام جهان است . هیدروژن سبکترین عنصر است و مدت ۱۵۰ سال بطور گستردهای از آن برای بـالا بـردن بالونهـا اسـتفاده میشـد . هنگامیکه هیدروژن با هوا مخلوط میشود (در مواقعی که میـزان اکسـیژن بـیش از ۵/۳ درصـد است) این مخلوط واقعاً قابل انفجار میگردد .گاز هیدروژن در غواصی نیز بکار گرفته شده اسـت (بجای ازت و بهمان دلایلی که از هلیوم استفاده شده است) ولی خطراتی که در بر دارد باعـث میشود که استفاده از این گاز محدود گردد .

۵-۳-نئون (Ne)

نئون ، یک اتمی ، بی اثر ، بی رنگ و بی بو بوده و بمقدار خیلی جزئی در آتمسفر یافت میشـود . هنگامیکه نئون در فشار خیلی پائین نگهداشته شود الکتریسته را بخوبی هـدایت میکنـد و بـا رنگ قرمزیا نارنجی مشخصی میدرخشد. معمولاً از نئون در ساختن تابلوهای تبلیغاتی درخشان استفاده میشود . نئون گاز سنگینی است ولی هنگامیکه برای رقیق کردن اکسیژن تنفسی بکـار میرود خصوصیات تخدیر ازت را ندارد .

از آنجا که در استفاده از گاز نئون، مسئله تغییرات صوتی (همانند هلیوم)وجود ندارد واین گـاز دارای مشخصـات عـایق حرارتـی فـوق العـاده ای میباشـد، لـذا از آن در بعضـی از فعالیتهـای تحقیقاتی غواصی استفاده میگردد .

۶-۳-دی اکسید کربن (Co2)

وقتیکه گازکربنیک بصورت درصد کمی در هوا یافت شود بیرنگ ، بی بو و بی طعم است اما هنگامیکه گازکربنیک بمقدار زیادی در یکجا جمع شود بو و طعم اسیدی خواهد گرفت .
این گاز فرآورده طبیعی تنفس انسان و حیوانات است که از اکسید شدن کربن در بدن برای تولید انرژی حاصل میشود . گازکربنیک بمقدار تقریبی ۰/۰۳ درصد از کل هوا در آتمسفر یافت میشود .
برای غواصان توجه به دو نکته اساسی در مورد گازکربنیک لازم و ضروریست که عبارتند از:

۱. کنترل مقدار CO_2 در هوای تنفسی .
۲. خارج نمودن گازکربنیک بعد از تنفس .

اگر گازکربنیک بمقدار زیادی در یکجا تمرکزیابد میتواند شدیداً سمی باشد .

۷-۳- منو اکسیدکربن (CO)

منواکسید کربن به طور طبیعی در هوا وجود ندارد ، این گاز نتیجهٔ سوختن ناقص مواد سوختنی است و اغلب در اگزوست موتورهای احتراق داخلی یافت میشود. این گاز برای انسان فوق العاده سمی است .
مادامیکه این گاز بی بو ،بی رنگ و بی مزه باشد ، تشخیص آن سخت است . منواکسید کربن از نظر شیمیایی بسیار فعال و در انتقال اکسیژن توسط خون به اندامهای بدن به طور جدی مداخله می نماید . وجود گاز منواکسید کربن در محیطی که هوای کمپرسورها تامین می شود یک مشکل بسیار جدی است . کمتر از سه میلیونیم این گاز در محیط تنفسی غواصان می تواند منجر به مرگ شود .

۸-۳-بخار آب (H_2O)

هوا همواره حاوی درصدی از بخار آب یا رطوبت می باشد . زیادی بخار آب می تواند منجر به سرد شدن غواص و در شرایط هوای سرد موجب یخ زدن و انسداد سیستم تنفسی غواص گرددو بهمان نسبت رطوبت کم نیز در خشک شدن گلو و سینوسهای غواص تاثیر گذارده و باعث وارد شدن صدماتی به واشرها و لوله های هوای دستگاه تنفسی میگردد .

۴-قوانین گازها

گازها متاثر از ارتباط نزدیک سه عامل (حرارت ، فشار و حجم) می باشند . یک تغییر در یکی از این عوامل همانند افزایش درجهٔ حرارت منجر به تغییر در دو عامل دیگر می شود .یک غواص باید بداند که تغییر در فشار هوا ممکن است چه تاثیری در لباس و ریه وی به هنگام بالا و پایین رفتن داشته باشد .

۱-۴-قانون بویل

قانون بویل بیان میدارد که در درجه حرارت ثابت حجم مقدار معینی از گاز به نسبت عکس فشار مطلق آن تغییر خواهد نمود . بدین معنی که هرچه فشار بیشتر شود حجم کمتر میگردد و بلعکس. رابطهٔ فشار و حجم را میتوان از نظر ریاضی با فرمول ذیل بیان نمود :

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

P_1فشار اولیه گاز ، V_1حجم اولیه گاز ، P_2 فشار ثانویه گاز و V_2حجم ثانویه گاز

مثال : اگر یک حباب هوا (یا هوا درگوی لاستیکی)به حجم یک فوت مکعب از سطح آب به عمق ۶۶ فوتی آب دریا برده شود حجم آن چه مقدار تغییر خواهد نمود ؟

اتمسفر ۱=P_1 فشار اولیه — فوت مکعب ۱= V_1 حجم اولیه

اتمسفر ۳=P_2 فشار ثانویه — ؟ = V_2 حجم ثانویه

فـوت مکعـب ۰/۳۳= ۱/۳ =۱×۱ ⟵ V 2 = ۱/۳ ×۱= ۳ × V 2 ⟵ ۱× ۱= P2 V2 P1V1=

همانگونه که مطرح گردید عامل دیگری که بر کمیتها ی فشار و حجم تأثیر گـذار اسـت درجـه حرارت میباشد . چنانچه میزان درجه حرارت گـاز محبـوس در یـک ظـرف غیـر قابـل ارتجـاع ،افزایش یابد ، فشار گاز مورد نظر نیز افزایش خواهد یافت و چنانچه دما کـاهش یابـد بـه یـک نسبت برابر ، در فشار گاز ، کاهش حاصل خواهد شد .

۲-۴-اثرات فشار برروی اجسام غوطه ور

تصویر زیر اثر فشار بر روی هوای داخل یک استوانه ته باز در اعماق مختلـف را نشـان میدهـد . چنانچه استوانه در سطح آب پر از هوا باشد و هیچگونه هوائی به استوانه در مسیر پائین رفتنش عرضه نگردد، حجم و چگالی هوای داخل استوانه با افـزایش فشـار آب از قـانون بویـل پیـروی خواهد نمود .

در سطح آب فشار هوای داخل استوانه یک بار میباشد . وقتیکه استوانه به عمق ۱۰ متری بـرده میشود ، آب نیز فشاری برابر یک بار اعمال میدارد ، ازاینرو مجموع فشار مطلق وارده بـر هـوای داخل استوانه دوبار خواهد بود . در نتیجه حجم هوای داخل استوانه به یک دوم حجمی کـه در سطح بوده تقلیل یافته و چگالی آن دو برابر خواهد شد . در عمق ۲۰متری ، آب فشاری معادل ۲ بار اعمال میدارد و فشار مطلق داخل استوانه ۳ بار میگردد، از اینرو حجم هـوا بـه یـک سـوم حجمی که در سطح بوده تقلیل و چگالی هوا سه برابر خواهد شد . بهمین ترتیـب در عمـق ۹۰ متری آب فشاری معادل ۹ بار را اعمال داشته و فشار مطلق داخـل اسـتوانه بـه ۱۰بـار افـزایش خواهدیافت . در این زمان حجم هوای داخل استوانه به یک دهم حجم اولیـه کـاهش و چگـالی آن ۱۰ بار بیشتر میگردد.

بنابراین به سادگی در می یابیم که تغییر حجم نسبت به فشار در نزدیکی سطح بمراتب بیشـتر از تغییر حجم نسبت به فشار در عمق میباشد . موارد مطروحه فوق در خصوص

هوای داخل لباس یا هوای درون ریه های غواصان نیز صادق است . لذا تغییرات ناگهـانی عمـق در نزدیکی سطح ، بمراتب خطرناکتر از همان مقدار تغییر عمق در زمـانی اسـت کـه غـواص در اعماق بیشتر کار میکند .

۳-۴-قانون فشار نسبی دالتون

قانون دالتون بیان میدارد که :
فشار کل وارد از طرف مخلوطی از چند گاز ،برابر با مجموع فشارهای هر یک از گازهای تشکیل دهنده مخلوط می باشد بعبارت دیگر در مخلوطی از گازها ، فشار نسبی هر گاز برابر خواهد بود با فشار اعمال شدهٔ آن گاز که اگر به تنهائی حجم اولیه را اشغال نماید . برای تعیین فشار نسبی هر گاز در مخلوط میتوان از فرمول زیر استفاده نمود .

$$\text{فشار نسبی هر گاز در صد} = \frac{\text{درصدمقدار حجمی آن گاز در مخلوط}}{\text{صد در صد}} \times \text{فشار کل مخلوط}$$

بطور مثال :مخلوطی از ۲۰درصد اکسیژن و ۸۰ درصد ازت (تقریباً هوا) تحت فشار ۱۰بار مطلق در ظرفی موجود میباشد ، یعنی $^{1}/_{5}$مخلوط اکسیژن و$^{4}/_{5}$ آن ازت میباشد . فرض میشود که امکان جدا نمودن ازت بطور کامل از مخلوط وجود دارد ، آنگاه اکسیژن قادر خواهد بود که در حجم پنج برابرافزایش و به موجب قانون بویل فشارش به $^{1}/_{5}$ و فشار کل ظرف از ۱۰بار مطلق به ۲ بار مطلق افت نماید . طبق قانون دالتون ، این موضوع بدین معنا است که در مخلوط اولیه ، فشار نسبی اکسیژن ۲ بار مطلق بوده است . چنانچه اکسیژن از مخلوط جدا گردد، فشار به ۸ بار مطلق افت خواهد نمود و این فشار نسبی ازت در مخلوط خواهد بود . با جمع نمودن فشارهای نسبی هر دو گاز با یکدیگر فشار کل مخلوط ، یعنی۱۰بار مطلق حاصل میگردد.
مثال : فشار نسبی اکسیژن را در مخلوطی با ۴۰درصد اکسیژن و ۶۰٪ ازت در فشار ۵ بار مطلق محاسبه نمائید .

$$\text{فشار نسبی گاز اکسیژن} = \frac{\text{٪۴۰}}{\text{٪۱۰۰}} \times ۵ = \frac{۴۰}{۱۰۰} \times ۵ = ۲ \text{ بارمطلق}$$

۵-شناوری

نیروئیکه اجسام را از قطعات چوب پنبه گرفته تا کشتیهائیکه با بدنه های فولادی شناور میسازد بعنوان شناوری نامیده میشود این نیرو اولین با توسط ارشمیدس ریاضی دان یونانی بیان شد . ارشمیدس بیان داشت که ، هر گاه جسمی بطور کامل ویا بخشی از آن در مایعی غوطه ور گردد، نیروی بالا برنده ای برابر با وزن مایع جابجا شده به جسم وارد میگردد.
شناوری اجسام، همواره به وزن آنان و نیروی بالا برندۀ اعمال شده از سوی آب بستگی دارد.شناوری اجسام به سه دسته بشرح زیر تقسیم بندی میگردد.

شناوری منفی - در این حالت وزن جسم از نیروی بالابرندۀ آب (وزن آب جابجا شده) بیشتر است و لذا جسم غرق میگردد .

شناوری خنثی - در این حالت وزن جسم معادل نیروی بالا برندۀ آب است و لذا جسم در وضعیت موجود خود باقی میماند .

شناوری مثبت - در این حالت وزن جسم از نیروی بالا برنده آب کمتر بوده و لذا جسم سمت بالا صعود مینماید . چنانچه نیروی بالا برندۀ آب خیلی بیشتر از وزن جسم باشد ، موجب بیرون راندن جسم برای لحظه ای از آب میگردد.

۶-دید در زیر آب

چنانچه یک شعاع نور از محیطی با چگالی مشخص ، تحت زاویه قائمه وارد محیطی با جگالی دیگر شود، در راستای خطی مستقیم بنام (نرمال) ادامه مسیر میدهد. اگر این شعاع نوری تحت زاویه ای به جز زاویه قائمه به سطح محیط دوم برخورد نماید ، در سطح خم میگردد که این خمش به شکست نور موسوم است . درجۀ خمش یا شکست، بستگی به اختلاف ما بین چگالیهای دو محیط دارد . این اصل در مورد شعاعهای نوری که از داخل آب (محیط پرچگال)

به محیط هوای داخل ماسک غواصان (محیط کم چگال) میرسند نیـز صـادق اسـت . شکسـت نور ایجاد شده سبب تشخیص کاذب موقعیت و اندازه اشیاء زیر آبی میگردد ، بطوریکه از اندازه حقیقیشان بزرگتر و از لحاظ فاصله در حدود ۳/۴ فاصلهٔ حقیقیشان بنظر میرسند .

۷-نفوذ نور در دریا

نفوذ نور حتی در روشن ترین آبها نیز با محدودیت عمق مواجه است . هر چقدر هوا آفتابی تر و روشن تر باشد ، مقدار نور ورودی به آب بیشتر خواهد بود . لیکن قدرت نفـوذ نـور در زلالتـرین آبها نیز متجاوز از ۵۰۰ متر نخواهد بود . هنگامیکه نور وارد محیط آب میگـردد، مقـداری از آن توسط آب جذب و به حرارت تبدیل و مقداری نیز توسط ذرات کوچک بسـیار فـراوان معلـق در آب ، متفرق و پراکنده میگردد.

یکی از اثرات سودمند این پراکندگی انحراف شعاعهای نوری بداخل غارها و شکافهائی است که در معرض مستقیم نور خورشید قرار ندارند.

نور قرمز در زیر آب ، بیش از بقیه رنگها جذب میگردد لذا بهمین دلیل هر چیزی در زیر آب به رنگ سبز متمایل به آبی بنظر میرسد . شیئ که درکف دریا بی رنگ و تیره بنظر میرسد ممکن است وقتیکه به سطح آب آورده شود به رنگ قرمز روشن باشد .

۸-صوت در زیر آب

سرعت صوت در هوا ۳۳۵ متر بر ثانیه می باشد . اما سرعت صوت در اجسام مختلف که قابلیـت انتشار آنرا دارند بمقدار زیادی متفاوت است . سرعت صوت در آب ۴ برابر سرعت صوت در هـوا می باشد . آب و هوا هر دو بخوبی صدا را منتقل مینمایند اما وقتی صوت از هوا وارد محیط آب میگردد تمام انرژی خود بجز یک ده هزارم آنرا از دست میدهد . از اینرو برای اینکه غواصـان در زیر آب صدای یکدیگر و یا صوت وارده از محیط هوای بالای سرشان را بشـنوند، لازمسـت کـه صوت مورد نظر با قدرت زیادی از منبع صوتی منتشر گردد.

۹-انتقال گرما در زیر آب

یکنفر غواص در زیر آب ممکن است گرمای بدن خود را به یکی از روشهای انتقالی ، جنبشی یا تابشی از دست دهد . لیکن این از دست دادن حرارت بیش از همه به روش انتقالی و کمتر به روش تابشی صورت میپذیرد .

در روش انتقالی ، جابجائی حرارت یا دما در اثر تماس مستقیم یک ماده با مواد دیگر صورت می پذیرد . یکنفر غواص بدون لباس ، گرمای بدن خود را به روش انتقالی و از طریق تماس مستقیم پوست بدنش با آب اطراف از دست خواهد داد . نسبت دمائی که بدن غواص از دست میدهد بستگی به تفاوت دمای بدن وی با آب دارد . چنانچه دمای آب کمتر از ۲۰درجه سانتیگراد باشد ، تفاوت دمای مابین بدن غواص و آب بگونه ای است که او گرمائی بیش از آنچه که بدنش میتواند تولید کند از دست خواهد داد ، بنابراین لازمست به نوعی لباس مناسب تجهیز گردد.

چنانچه ماده ای با قابلیت هدایت خیلی پائین بعنوان لباس ، مابین بدن غواص و آب قرار داده شود ، بمانند عایقی عمل می نماید که مانع از انتقال گرما از بدن غواص به آب میگردد. البسه فراهم شده از جنس پشم یا مواد اسفنجی اساساً دارای یک سری حفره های هوا میباشد که این حفره ها لایه ای از هوا مابین بدن و محیط سردتر اطراف ایجاد می نمایند .

در روش جنبشی (کنوکسیون) ، انتقال گرما از طریق جابجائی هوا یا مایعات صورت می پذیرد . غواص بدون لباس محافظ که کم و بیش بی حرکت در زیر آب ایستاده ، دمای بدن خود را نه تنها از طریق انتقالی بلکه از طریق جابجا شدن آبی که در اثر تماس مستقیم با پوست وی گرم ، منبسط و سبکتر میگردد از دست خواهد داد. بنابراین جریانات جنبشی بطور مدام ، آب گرم شده به روش انتقالی در اطراف پوست بدن غواص را ، از محل دور، و وی را در آب سردی که جایگزین آب گرم گردیده است نگهمیدارند .

در روش تابشی ، انتقال گرما از طریق امواج نامرئی صورت میپذیرد . (همانگونه که درمقابل نور آفتاب یا در جلوی یک بخاری الکتریکی گرما را احساس میکنیم) . مقدار گرمائی که بدن غواص به طریق تابشی از دست میدهد ، در مقایسه با روش انتقالی بسیار نا چیز است .