

# فصل اول

## جَو

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود :

- ۱- هواشناسی را تعریف نماید.
- ۲- اقلیم شناسی را تعریف نماید.
- ۳- انواع ایستگاه‌های هواشناسی مهم را نام ببرد.
- ۴- نقش هواشناسی را در فعالیت‌های مختلف اجتماعی تشریح نماید.
- ۵- زمان دیده‌بانی در هواشناسی را تشخیص دهد.
- ۶- ترکیبات جَو را نام ببرد.

## هواشناسی

به آمیخته‌ای بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه از شماری گازها که عمدتاً شامل نیتروژن، اکسیژن و مقدار کمتری آرگون، دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهاست هوا<sup>۱</sup> گفته می‌شود. پوشش گازی اطراف زمین را جو<sup>۲</sup> می‌گویند. در این کره‌گازی پدیده‌هایی مانند بارش، رنگین کمان، ابر و تبخیر رخ می‌دهد.

اصطلاح هوا<sup>۳</sup> شرایط جوّی موجود در زمان معین و محدود را مشخص می‌کند. هوا برآیند عملکرد فرایندهای متعدد تغییرات حاصل در عوامل کنترل کننده جوّ است. از دیدگاه هواشناسی بیان حالت یا کیفیتی از پدیده‌های جوّی از نظر دما، رطوبت، باد و فشار برای زمانی کوتاه و مکان مشخص «هوا» گفته می‌شود و «هواشناسی<sup>۴</sup>» علمی است که پدیده‌های جوّی و ویژگی‌های هوا در نزدیکی سطح زمین را برای شرایط مختلف بررسی می‌کند. به بیان دیگر، هواشناسی علمی است که تغییرات کوتاه مدت عناصر جوّی مانند دما، رطوبت، بارندگی، فشار، باد و تابش را بررسی می‌کند.

مطالعه و بررسی فعل و انفعالات جوی و پدیده‌های هواشناسی که تعیین کننده وضع هوا و اقلیم‌اند، برپایه اندازه‌گیری‌ها و دیده‌بانی‌ها متکی است. باید توجه داشت که دیده‌بانی‌های هواشناسی در سراسر کره زمین با روش واحد، یکنواخت و با وسایل و ادوات استاندارد انجام می‌گیرد. یکنواختی برنامه اندازه‌گیری‌ها و دیده‌بانی‌ها و سایر عملیات هواشناسی با همکاری کلیه سرویس‌های هواشناسی ملی و کشوری در چهارچوب سازمان هواشناسی جهانی<sup>۵</sup> تضمین شده است. بیشترین دیده‌بانی‌ها و اندازه‌گیری‌های عوامل جوّی مربوط به جوّ نزدیک سطح زمین است که به وسیله ایستگاه‌های هواشناسی سطحی (سطح زمین و دریا) انجام می‌گیرد.

در کشور ایران برنامه دیده‌بانی‌های هواشناسی در شبکه‌ای از ایستگاه‌های اصلی صورت می‌گیرد. داده‌های حاصله از این نوع ایستگاه‌ها برای پیش‌بینی‌های جوّی و مطالعه رشته‌های مختلف علمی هواشناسی و هوانوردی و کشتی‌رانی به‌کار گرفته می‌شود. علاوه بر ایستگاه‌های فوق، تعداد زیادی از ایستگاه‌های کمکی اقلیم‌شناسی، به‌منظور برآورد نیازهای مختلف محلی، برنامه دیده‌بانی‌های محدودی را اجرا می‌نمایند.

۱- Air

۲- Atmosphere

۳- Weather

۴- Meteorology

۵- WMO (World Meteorological Organization)



## اقلیم شناسی

شرایط خاص هواشناسی شامل دما، بارش و باد را، که هویت ذاتی یک منطقه است، «اقلیم» آن منطقه می‌گویند. به بیان دیگر، اقلیم، ناحیه‌ای از زمین با شرایط یکسان هواشناسی در یک دوره طولانی مدت از یک ماه تا چند سال (عموماً میانگین ۳۰ سال) است. اقلیم‌شناسی علمی است که ویژگی‌ها و پدیده‌های هواشناسی اقلیم را از دیدگاه علمی مورد بحث قرار می‌دهد. این علم کاملاً و به‌طور پیوسته به هواشناسی وابسته است و خود در مورد تغییرات روزانه جوّی و نتایج آن بحث می‌کند.

### تفاوت‌های اقلیم‌شناسی و هواشناسی

- ۱- هواشناسی، هوا و اقلیم‌شناسی، آب و هوا را شناسایی و تبیین می‌کند.
- ۲- هواشناسی وضعیت جوّی را به‌طور عام و برای یک لحظه بررسی می‌کند اما اقلیم‌شناسی نوع هوای غالب یک مکان را در دوره طولانی مطالعه و تفاوت‌های آب و هوایی مکان‌ها را کشف می‌کند.
- ۳- هدف هواشناسی شناخت عامّ و خاصّ جوّ و تغییرات آن است، ولی در اقلیم‌شناسی سعی می‌شود با شناخت آب و هوای هر منطقه تأثیر آب و هوایی آن بر روی فعالیت‌های انسانی مشخص شود.
- ۴- هواشناسی وضعیت هوا را در کوتاه مدت پیش‌بینی می‌کند، اما اقلیم‌شناسی براساس عوامل به‌وجود آورنده آب و هوا پدید آمدن آب و هوای خاصی را در مکانی خاص، با توجه به تأثیر آن در زندگی انسان‌ها، پیش‌بینی می‌کند.

## ایستگاه هواشناسی

ایستگاه هواشناسی محلی است که در آن ادوات هواشناسی به منظور سنجش عوامل جوّی نصب شده است تا دیده‌بان هواشناس، با استفاده از این ادوات وضع جوّی و تغییرات عوامل متعدد آن را اندازه‌گیری و به‌صورت ارقامی به شکل رمز یا کد به مرکز هواشناسی مخابره و یا در دفاتر و فرم‌های مخصوص آمار ثبت نماید.

## بیشتر بدانید

در کشتی‌ها دیده‌بانی پدیده‌های جوّی توسط افسرنگهبانِ پل، اندازه‌گیری و ثبت می‌گردد.

## زمان دیده‌بانی

برای اینکه بتوان پدیده‌های جوّی دیده‌بانی شده را از ایستگاه‌های متعدد هواشناسی دریافت و روی نقشه‌های سینوپتیک<sup>۱</sup> ترسیم و تحلیل نمود، در مرحلهٔ اول لازم است کلیهٔ گزارش‌ها رأس ساعت معینی و به صورت همزمان تهیه شوند. به همین منظور لازم است تمام ایستگاه‌های دیده‌بانی مبدأ زمان معینی را در نظر بگیرند و از ساعت‌های محلی (وقت محلی) استفاده نکنند. برای این منظور باید به‌زمان هماهنگ شدهٔ بین‌المللی<sup>۲</sup> تکیه کنند و کلیهٔ ایستگاه‌های هواشناسی موظف‌اند گزارش خود را، رأس ساعت معینی تهیه و ارسال نمایند.

برای محاسبهٔ وقت جهانی در ایستگاه‌های هواشناسی ایران از ساعت رسمی کشور سه ساعت و ۳۰ دقیقه کسر می‌کنیم، یعنی ساعت ۱۲ ظهر به وقت تهران، ساعت ۸/۳۰ صبح به وقت جهانی است.

## انواع ایستگاه‌های هواشناسی

در حال حاضر مهم‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی کشور به شرح زیرند :

۱- ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک : ایستگاه سینوپتیک ایستگاه‌هایی هستند که به‌طور



تصویر ۱-۱- ایستگاه هواشناسی سینوپتیک

همزمان در سراسر دنیا، بر اساس ضوابط و مقررات سازمان جهانی هواشناسی، به‌طور ۲۴ ساعته موظف به اندازه‌گیری و تهیهٔ پدیده‌های جوّی و ارسال آنها در شبکهٔ مخابراتی است، ساعت‌های اصلی دیده‌بانی در ایستگاه‌های سینوپتیک<sup>۲</sup> عبارت‌اند از ۰۶۰۰، ۰۰۰۱، ۱۲۰۰ و ۱۸۰۰ و ساعت‌های میانی دیده‌بانی عبارت‌اند از ۰۳۰۰،

۱- نقشه‌ای است که پدیده‌های دیده‌بانی شدهٔ وضعیت جوّی بر روی آن رسم می‌گردد. این عوامل رسم شده عبارت‌اند از درجهٔ

حرارت، باد سطح زمین، هوای حاضر، انواع ابر و غیر آنها.

۲- ساعت هماهنگ جهانی (UTC) یک استاندارد برای تعیین ساعت در سراسر جهان است.



۰۹۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۱۰۰ بر اساس ساعت هماهنگ جهانی است.

۲- ایستگاه‌های کاوش جو(جو بالا): جو بالا، که در هر شبانه روز دو مرتبه توسط بالن‌هایی که با گاز هیدروژن پر شده‌اند دستگاه‌هایی به نام رادیوسوند را به سطوح فوقانی جو حمل می‌کنند و مشخصات لایه‌های جو (جهت و سرعت باد، دما و فشار هوا و...) را دقیقه به دقیقه تا پایان عمل کاوش (سوندینگ) گزارش می‌دهند.



تصویر ۱-۲- بویه هواشناسی

۳- ایستگاه‌های هواشناسی دریایی سینوپتیک محلی: پس از انقلاب شکوهمند اسلامی مجموعاً ۱۸ ایستگاه بر روی سکوها، جزایر و بنادر جنوب کشور تأسیس شده است. این ایستگاه‌ها در سواحل دریاها، جزایر و کشتی‌ها به صورت ثابت و متحرک قرار دارند. علاوه بر اطلاعات جوی، اطلاعاتی در مورد دمای آب دریا، ارتفاع، طول و سرعت امواج و ارتفاع جزر و مد و نظایر آنها را اندازه‌گیری می‌کنند.

۴- ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی: ایستگاه‌های اقلیم‌شناسی، عموماً در سطح خشکی‌اند و فقط سه نوبت در روز پارامترهای مهم جوی را دیده‌بانی و در دفاتر مخصوص ثبت می‌کنند. از این نوع در حال حاضر ۲۵۰ ایستگاه در کشور مشغول به کارند.

### بیشتر بدانید

در کشتی‌ها، تجهیزات هواشناسی در اطراف اتاق کنترل و هدایت کشتی و دکل اصلی نصب می‌گردد.

هنگامی که می‌خواهید در دریا اندازه باد را با استفاده از بادسنج‌های دستی بدست آورید، برای بدست آوردن سرعت باد؛ باید در مکانی اطراف اتاق هدایت کشتی بایستید که در مقابل جهت وزش باد و آن مکان در فضای باز و بدون موانع باشد، سپس با بادسنج دستی سرعت باد را اندازه‌گیری می‌نماید و برای بدست آوردن جهت وزش باد؛ بوسیله نگاه کردن به سمت پرچم کشتی، سمت نسبی وزش باد را تخمین می‌زنید و با توجه به راه کشتی سمت حقیقی باد به دست می‌آورد.

## نقش هواشناسی در فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی

الف) ترابری دریایی : امروزه کشتی‌های بزرگ و کوچک زیادی در بندرگاه‌ها متوقف یا در اقیانوس‌ها و دریاها مشغول حمل بار و مسافرنند و همین‌طور کشتی‌ها و قایق‌های ماهی‌گیری فراوانی در دریاها دور و نزدیک کشورها مشغول فعالیت‌اند.

وقوع طوفان‌های دریایی و امواج دریا، برای کشتی‌ها، مسافرین و محموله آنها خطر دائمی است. کسب اطلاعات جَوّی به موقع و اظهار پیش‌بینی‌های لازم مهم‌ترین عامل برای کاهش خسارات مالی و جانی، به‌ویژه در مورد ماهیگیران و قایق‌های تفریحی و امور کشتیرانی، به‌شمار می‌رود.

ب) هوانوردی : صعود و فرود هواپیماها در فرودگاه‌های مبدأ و مقصد و نیز حرکت هرگونه هواپیمایی در آسمان بدون در دست بودن اطلاعات جَوّی اعم از اطلاعات به‌موقع و نیز پیش‌بینی هوای مسیر پرواز و فرودگاه‌ها، عملاً غیرممکن است و در دسترس نبودن این اطلاعات می‌تواند به سوانح هوایی منجر شود. از این‌رو در کلیه فرودگاه‌ها وجود ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ضروری‌ست.

پ) ترابری جاده‌ای : تهیه اطلاعات جَوّی لازم در مورد وضعیت جاده‌ها برای تسهیل در امر ترابری جاده‌ها، کاهش خسارات احتمالی و نیز آسایش مسافرین امری ضروری‌ست. این کسب اطلاعات به‌ویژه در فصل سرما و در مناطق کوهستانی که جاده‌های آن برف‌گیر، بهمن‌خیز و لغزنده‌اند از اهمیت بیشتری برخوردار است. صدور اطلاعات و پیش‌آگاهی‌های لازم برای مسئولان و مردم، ضمن تسهیل در امر رفت و آمد، خسارات جانی و مالی حوادث جاده‌ای را در حد قابل توجهی پایین می‌آورد.

ت) توسعه پایدار : در ایجاد تأسیسات زیربنایی، (نظیر احداث سد و جاده، راه آهن و احداث فرودگاه‌ها، بنادر و شبکه‌های آبیاری) حفظ منابع آب و خاک، حفاظت از جنگل‌ها و منابع طبیعی، جلوگیری از آلودگی هوا، دسترسی به انرژی‌های سالم و ارزان و توسعه منابع غذایی، موجب توسعه پایدار می‌گردد و برای دست یافتن به چنین توسعه‌ای داشتن اطلاعات و آمار و داده‌های هواشناسی یک نیاز واقعی‌ست.

### پژوهش

هنرجویان عزیز نقش هواشناسی را در فعالیت‌های کشاورزی، گردشگری، بهداشت عمومی، انرژی‌های نو، کاهش بلایا، صنعت، شهرسازی و ورزش بررسی نمایند.



## اجزای تشکیل دهندهٔ جو

ترکیب گازهای جو در شرایط سرد و خشک تا ۹۹/۹۹ درصد حجمی از گازهای نیتروژن، اکسیژن، آرگون و دی‌اکسیدکربن تشکیل شده است، که به آنها گازهای اصلی می‌گویند. این گازها در حدود ۵۰ درصد از اتمسفر تا ارتفاع ۵/۵ کیلومتری را در بر می‌گیرد.

نسبت ترکیبات جو در لایه‌های زیرین آن، به دلیل اختلاط شدید ثابت است، در حالی که از ارتفاع حدود ۹۰ کیلومتر به بالا توزیع عناصر و گازها در آن بر اساس وزن مولکولی یا اتمی انجام می‌گیرد؛ بنابراین گازهای سبک مانند هیدروژن در ارتفاعات و گازهای سنگین‌تر مانند هلیوم در لایه‌های پایین‌تر اتمسفر توزیع شده‌اند.

بین اجزاء تشکیل دهنده جو، اکسیژن ثابت بیشتری دارد، در حالی که گاز دی‌اکسیدکربن تغییرات زمانی و مکانی شدیدی را نشان می‌دهد که به‌طور کلی گیاهان از طریق فتوسنتز و کربن‌گیری، نقش عمده‌ای در جذب و انتشار آن ایفا می‌کنند. اهمیت دی‌اکسید کربن علاوه بر سمی بودن و تأثیر زیست محیطی آن، داشتن باند جذبی برای تابش مادون قرمز خورشید است و از این طریق می‌تواند در بیلان گرمایی جو و در نتیجه، تغییرات اقلیمی تأثیر عمده داشته باشد.

جدول ۱-۱ فراوانی گازهای تشکیل دهندهٔ جو

ردیف	گازهای مهم جو	علامت اختصاری	درصد حجمی در جو
۱	نیتروژن	N <sub>۲</sub>	۷۸/۰۸
۲	اکسیژن	O <sub>۲</sub>	۲۰/۹۵
۳	آرگون	Ar	۰/۹۳
۴	دی‌اکسیدکربن	CO <sub>۲</sub>	۰/۰۳

## لایه‌های جو زمین

جو زمین را برحسب چگونگی روند دما، اختلاف چگالی، تغییرات فشار و ویژگی‌های الکتریکی، به لایه‌های متفاوتی تقسیم کرده‌اند. پایین‌ترین و مهم‌ترین لایهٔ جو «تروپوسفر» نام دارد که خود از لایه‌های کوچکتری تشکیل شده است. وجه تمایز آن با دیگر طبقات جو، تجمع تمام بخار آب در این لایه است. به همین دلیل بسیاری از پدیده‌های جوی، که با رطوبت ارتباط دارند و عاملی تعیین کننده در وضعیت هوا هستند، از قبیل ابر، باران، برف و... تنها در این لایه بروز می‌کنند.

منبع حرارتی لایه تروپوسفر، انرژی تابشی سطح زمین است. از این رو در این لایه دما با افزایش ارتفاع به سرعت کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، دمای قسمت‌های پایین تروپوسفر گرمتر از قسمت‌های فوقانی آن است.

ضخامت تروپوسفر، از شرایط حرارتی متفاوتی که عرض‌های مختلف جغرافیایی حاکم است تبعیت می‌کند و بنابراین یکسان نیست. این ضخامت معمولاً از ۱۷ تا ۱۸ کیلومتر در استوا به ۱۰ تا ۱۱ کیلومتر در مناطق معتدل و ۷ تا ۸ کیلومتر در قطب‌ها تغییر می‌کند. همین امر باعث می‌شود که دمای تروپواز ۱ از حدود ۴۰- درجه سانتی‌گراد در قطب‌ها به ۵۶- درجه سانتی‌گراد در مناطق معتدل، تا ۸۰- الی ۹۰- درجه سانتی‌گراد در استوا تغییر کند.

حرکات قائم و افقی هوا در تروپوسفر نسبت به لایه‌های بالاتر از آن در جو بسیار شدیدتر است. این شدت، تداخل بیشتر گازها را در این لایه میسر می‌کند و باعث می‌شود که نسبت ترکیبات جو تا ارتفاع بسیار، پیوسته ثابت بماند.

در تروپوسفر، جهت بادها به تبعیت از حرکت وضعی زمین، از غرب به شرق است و سرعت آنها با افزایش ارتفاع از سطح زمین، معمولاً زیاد می‌شود.

### آیا می‌دانستید

در زیر تروپوپاوز در کلیه عرض‌های جغرافیایی، هسته‌های باریک سرعت به نام رودبار تشکیل می‌شود که سرعت آنها گاه به حدود ۳۰۰ گره می‌رسد. این رودبارها در هدایت سامانه‌های فشار لایه‌های پایین جو زمین و نیز هوانوردی اهمیت بسیار دارد.

### خودآزمایی

- ۱- انواع ایستگاه‌های هواشناسی را نام ببرید و هر یک را به اختصار توضیح دهید.
- ۲- نقش هواشناسی را در برخی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی شرح دهید.
- ۳- گازهای عمده تشکیل دهنده جو را نام ببرید.
- ۴- خصوصیات تروپوسفر را شرح دهید.

۱- مرز بین لایه‌های فوق را با پسوند باؤز مشخص می‌کنند، مانند تروپوپاوز (مرز بین تروپوسفر و استراتوسفر لایه بالای تروپوسفر)



## فشار هوا

**هدف های رفتاری :** در پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود :

- ۱- فشار هوا را تعریف نماید.
- ۲- دستگاه های اندازه گیری فشار هوا را نام ببرد.
- ۳- خطوط هم فشار را شناسایی کند.

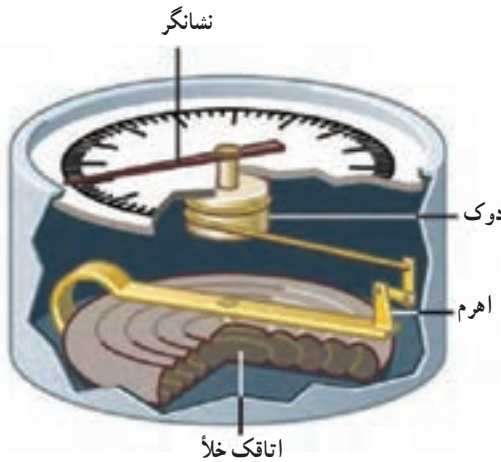


تصویر ۱-۲

## کلیات

انسان و تمام موجودات روی کره زمین در اقیانوسی از هوا زندگی می‌کنند. هوا نیز اختلاطی از گازهاست و این گازها تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین قرار دارند و این جاذبه زمین است که جو را در اطراف خود نگه می‌دارد. در غیر این صورت، با توجه به حرکت وضعی و انتقالی کره زمین، این گازها از کره زمین جدا می‌شدند. پس تمام موجودات روی زمین تحت تأثیر وزن هوای اطراف خود هستند. مولکول‌ها و اتم‌های تشکیل دهنده هوا در بالای سر انسان بر سطح زمین و بر هر شیئی دیگری که در مسیرشان قرار گیرد نیرو وارد می‌نمایند و همچنین، ضمن برخورد با یکدیگر ایجاد می‌کنند. به اختصار فشار هوا مقدار نیرویی است که توسط هوا بر سطح وارد می‌شود. هر چه ارتفاع افزایش یابد، از فشار هوا کاسته می‌شود. زیرا در ارتفاعات بالاتر جو تعداد مولکول‌های جو کاهش می‌یابد و در نتیجه از فشار هوا نیز کاهسته می‌شود. مطالعه فشار جو یکی از بحث‌های اساسی در هواشناسی است، زیرا اختلاف فشار سبب ایجاد باد و انتقال گرما در اتمسفر می‌گردد. به طور مثال می‌توانیم از هوای متراکم داخل یک بادکنک، که تحت فشار قرار گرفته است، نام ببریم که برای ایجاد تعادل با هوای اطراف خود در هنگام خروج از دهانه بادکنک، تولید باد می‌کند.

## دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار



تصویر ۲-۲- ساختمان فشارسنج فلزی ساده

برای اندازه‌گیری فشار هوا از دستگاهی به نام «فشارسنج<sup>۱</sup>» استفاده می‌گردد. به طور کلی دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار هوا که در دریانوردی‌ها و بر روی کشتی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به شرح زیرند:

۱) فشارسنج فلزی<sup>۲</sup>: فشارسنج فلزی وسیله‌ای است مکانیکی که از یک محفظه قوطی شکل استوانه‌ای بدون هوا تشکیل شده است. با تغییر فشار هوا این محفظه منقبض

۱- Barometer

۲- فشارسنج با محفظه فلزی قابل ارتجاع (Aneroid)



یا منبسط می‌شود.

فشار هوا می‌خواهد قوطی را مچاله کند اما چون فلز خاصیت فنری دارد کاملاً مچاله نمی‌شود. با تغییر فشار هوا جدار فلزی قوطی بالا و پایین می‌رود. مجموعه‌ای از اهرم‌ها حرکت جدار قوطی را به حرکت عقربه‌ای بر روی صفحه مدرج منتقل می‌کند.

### بیشتر بدانید

ارتفاع سنج‌هایی که در هواپیما به کار برده می‌شود مشابه فشارسنج‌های فلزی است که درجه‌بندی آنها به جای «فشار» برحسب «ارتفاع» تنظیم شده است.



تصویر ۳-۲- دستگاه فشارنگار

۲) فشارنگار<sup>۱</sup>: فشارنگار علاوه بر اندازه‌گیری فشار هوا، تغییرات فشار هوا را ثبت می‌نماید و از آن برای گزارش‌های هواشناسی و پیش‌بینی وضع هوا استفاده می‌شود. دستگاه فشارنگار همانند سایر ثبت‌ها، از جمله دمانگار و رطوبت‌نگار، از سه قسمت اصلی تشکیل گردیده است:

۱- محفظه خلأ، که از آن، مانند فشارسنج فلزی، به منزله عنصر حساس، در برابر فشار هوا استفاده می‌شود.

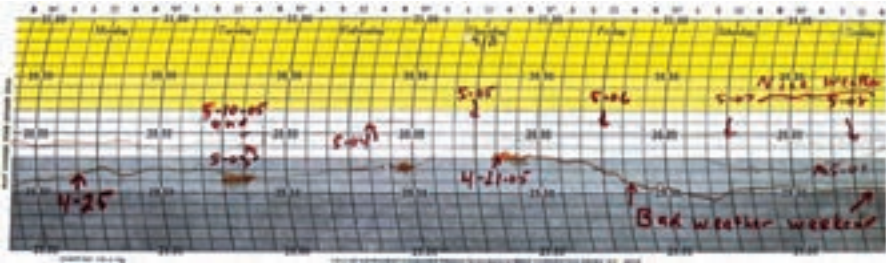
۲- اهرم‌ها و محورهایی که تغییرات محفظه خلأ (تغییرات ناشی از فشار هوا) را به نوک قلم ثبت منتقل می‌کنند.

۳- استوانه ثبت‌ها که شامل ساعت و نقشه مندرج مخصوص ثبت فشار هواست.

قلم ثبت استوانه ثبت‌ها محل قرار گرفتن نقشه مدرج



تصویر ۴-۲- اجزای تشکیل دهنده فشارنگار



تصویر ۵-۲- نقشه مدرج روی استوانه ثبات

تصویر بالا یک نمونه از کاغذ فشارنگار است، که فشار هوا در آن ثبت گردیده است. ثبت کاهش فشار هوا می‌تواند از نشانه‌های وضعیت جوّی نامناسب باشد که قابل پیش‌بینی است.

### بیشتر بدانید

تجربه نشان داده است که تغییرات دوره‌ای فشار در هر شبانه‌روز دو نقطه اوج (حداکثر) و دو نقطه حضيض (حداقل) دارد حداکثر فشار در ساعت‌های ۱۰۰۰ و ۲۲۰۰ اتفاق می‌افتد و کم‌فشارترین مربوط به ساعت‌های ۱۶۰۰ و ۰۴۰۰ است و به یکی از عوامل زیر مربوط می‌شود:

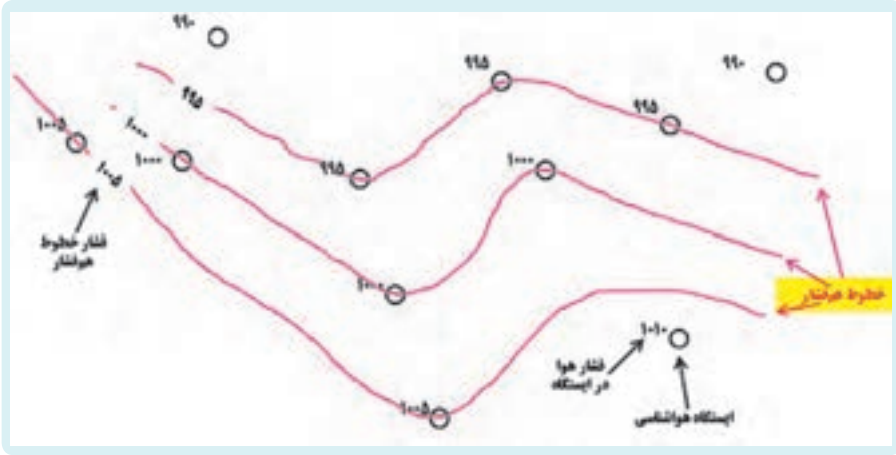
۳- عوامل جزر و مدّی

۲- عوامل گرمایی

۱- عوامل خورشیدی

### مطلوب هم‌فشار!

همان‌طور که گفته شد، در ایستگاه‌های هواشناسی دیده‌بانی فشار همزمان انجام می‌شود و این فشار ثبت شده پس از انجام تصحیحات لازم به فشار سطح ایستگاه تبدیل می‌گردد. با در دست داشتن فشار سطح ایستگاه به راحتی می‌توان فشار سطح متوسط دریا را محاسبه نمود. فشار سطح متوسط دریا پس از محاسبه بر روی نقشه سطح متوسط دریا ترسیم می‌گردد. با رسم نمودن اطلاعات جوّی در روی نقشه هواشناسی نقاطی را که دارای فشار یکسان‌اند به هم وصل می‌نمایند. این خطوط را خطوط «هم‌فشار» می‌نامند.



تصویر ۶-۲- ایزوبارها

## خودآزمایی

- ۱- عنصر حساس فشارسنج فلزی در مقابل فشار هوا چیست؟
- ۲- تفاوت فشارسنج با فشارنگار را بیان کنید.
- ۳- خطوط هم فشار را توضیح دهید.

## دما

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود :

- ۱- فرایندهای انتقال انرژی گرمایی را توضیح دهد.
- ۲- تفاوت دما و گرما را توضیح دهد.
- ۳- تراز انرژی در سطح زمین و جو را توضیح دهد.
- ۴- طبقه بندی دماسنج ها بر مبنای عنصر حساس را نام ببرد.
- ۵- کاربرد انواع مختلف دماسنج ها را توضیح دهد.





خورشید سرچشمه اصلی انرژی بیشتر فرایندهایی است که در سیاره زمین روی می دهد. زمین تقریباً ۹۹/۹ درصد انرژی خود را از تابش خورشیدی می گیرد. بدون تابش خورشید، زمین به تدریج سرد می شود و لایه ای از یخ آن را می پوشاند. این انرژی عظیم بر اثر فرایند هسته ای همجوشی (گرما هسته ای)<sup>۱</sup> در هسته خورشید، که دمای آن حدوداً ۱۵ میلیون درجه سانتی گراد برآورد شده است، تولید می شود. در طی این فرایند، هسته های هیدروژن به قدری سریع با هم برخورد می کنند که به همدیگر جوش می خورند و اتم هلیوم را تشکیل می دهند.

قبل از پرداختن به این موضوع، که انرژی خورشیدی چگونه باعث گرم شدن زمین می شود، لازم است روش های مهم انتقال گرما را بدانیم. پس از آن می توانیم دقیقاً دریابیم که چگونه انرژی گرمایی خورشید باعث تغییرات آب و هوایی می شود.

## گرما و دما<sup>۲</sup>

گرما یکی از شکل های انرژی است که به یک جسم داده می شود تا دمای آن افزایش یابد. همچنین می توان گرما را مقدار کار انجام شده برای افزایش دمای یک جسم تعریف کرد. دما، معیاری است که از روی آن شدت گرما را حس می کنیم. سرعت جا به جایی یا لرزش مولکول های یک جسم به دمای آن بستگی دارد، به گونه ای که هر قدر دما افزایش یابد، سرعت جا به جایی یا لرزش مولکول ها بیشتر می شود. جریان گرما همیشه از محلی با دمای زیادتر به طرف محلی است که دمای آن کمتر است.

## تراز انرژی در سطح زمین و جو

در یک نقطه معینی از سطح زمین، دمای روزانه می تواند تغییرات چند درجه ای را از سالی به سال دیگر نشان دهد. برای مثال، اگر میانگین سالانه دمای محل زندگی شما در پانزدهم دی ماه سال گذشته برابر یک درجه سانتی گراد باشد، به احتمال زیاد در سال جاری، دمای این روز مقدار بیشتر یا کمتر از همان درجه خواهد بود. بنابراین نوسان دمای سالانه در یک دامنه معین امری طبیعی و قابل انتظار است.

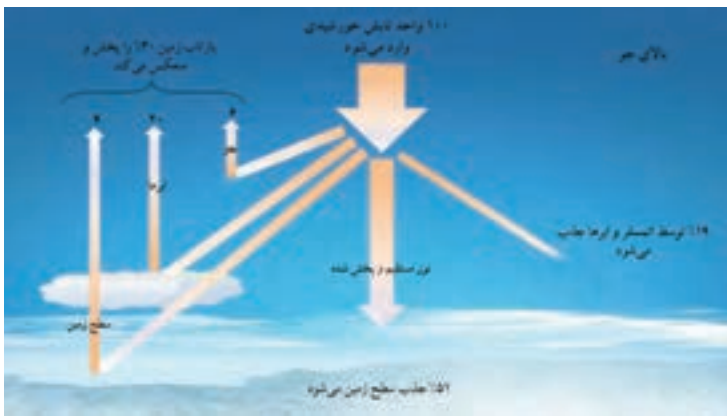
با وجود چنین تغییراتی، که میانگین سالانه دمای نقاط مختلف جهان یافت می شود، دمای

۱- Thermonuclear

۲- Heat and Temperature

سالانه مجموعه سطح زمین و جو ثابت است و تغییرات آن بسیار جزئی و قابل چشم پوشی است. با توجه به ثابت بودن دما، می توان نتیجه گرفت که در یک دوره یک ساله، مقدار انرژی دریافتی زمین و جو برابر انرژی خروجی آن است.

برای بیان روشن تر، تصور کنید که مقدار انرژی خورشیدی رسیده به بالای جو برابر  $100$  درصد باشد. حدود  $30$  درصد از انرژی رسیده به بالای جو توسط مولکول های هوا، ابرها و سطح زمین بازتاب می شوند.  $19$  درصد توسط جو زمین و ابرها و  $51$  درصد توسط سطح زمین جذب می شود (تصویر ۱-۳).



تصویر ۱-۳- توزیع انرژی تابشی خورشید را در زمین و جو نشان می دهد.

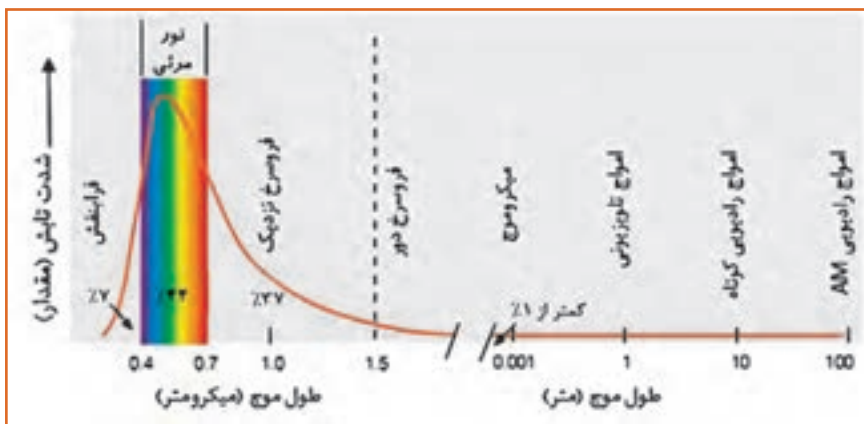
از  $51$  درصد انرژی رسیده به سطح زمین،  $23$  واحد آن صرف تبخیر آب از سطح اقیانوس ها، دریاها، دریاچه ها، رودخانه ها و تعرق از گیاهان می شود. این مقدار انرژی که صرف تغییر حالت آب از مایع به گاز می شود به «گرمای نهان تبخیر» معروف است. گرمای نهان تبخیر در جو ذخیره می شود و هنگامی که بخار آب به مایع تبدیل می گردد، به صورت انرژی گرمایی آزاد خواهد شد. حدود  $7$  درصد از  $51$  درصد انرژی رسیده به سطح زمین، در طی فرایندهای رسانش و همرفت (جابجایی هوا به جو) منتقل می شود. این مقدار انرژی صرف گرم کردن هوای نزدیک سطح زمین می شود، به گونه ای که تغییرات دما در این ناحیه توسط دماسنج قابل سنجش و اندازه گیری است.





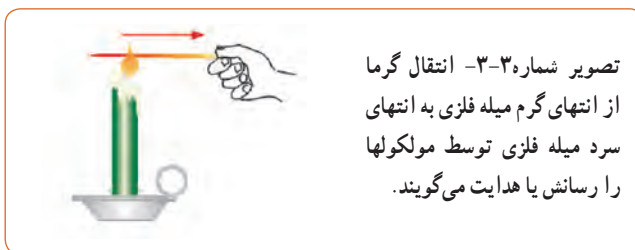
## فرآیندهای انتقال انرژی گرمایی

۱- تابش: تابش، یکی از روش های انتقال انرژی است. در فرایند تابش، انتقال انرژی به صورت امواج تابشی است و به وجود مولکولها برای انتقال گرما یا نور نیاز نیست. مثلاً انرژی خورشیدی در بالای جو زمین توسط امواج تابشی، پس از عبور از خلأ به زمین می رسد.



تصویر ۲-۳- طیف انرژی تابشی خورشیدی در طول موج های مختلف.

۲- هدایت یا رسانش<sup>۱</sup>: در هدایت یا رسانش، انتقال انرژی (گرما) در یک جسم به وسیله مولکولهای تشکیل دهنده آن جسم صورت می گیرد. مثلاً اگر انتهای یک میله فلزی داغ شود انتهای دیگر آن نیز خیلی زود داغ می گردد.



۳- همرفت<sup>۲</sup>: انتقال گرما از راه حرکت و جابه جایی سیال، «همرفت» نامیده می شود. در جامدات، جابه جایی گرما از راه فرایند همرفت، امکان پذیر نیست. در گازها، انتقال گرما از طریق همرفت، سریع تر از مایعات صورت می گیرد. پدیده همرفت، در تغییرات آب و هوا در نقاط مختلف جهان نقش عمده ای دارد.



تصویر ۳-۴ یک سامانه گرمایشی در درون اتاق باعث صعود هوای گرم می‌شود و در طرف دیگر پنجره باعث سرد شدن هوای مجاور خودش می‌شود و هوای سرد نزول می‌کند و این سامانه یک چرخه همرفتی است.

### تراز انرژی

عوامل مؤثر در تابش خورشیدی: مقدار کل انرژی خورشیدی که در مدتی معین، به یک سطح مشخص می‌رسد، تحت تأثیر چهار عامل تغییر می‌کند که عبارت‌اند از: مقدار انرژی تابشی گسیل شده از خورشید، فاصله خورشید از زمین، ارتفاع خورشید (یا زاویه تابش خورشید) و مدت زمان تابش.

اندازه‌گیری تابش خورشید: در هواشناسی دو پارامتر متفاوت تابش خورشیدی اندازه‌گیری می‌شود:

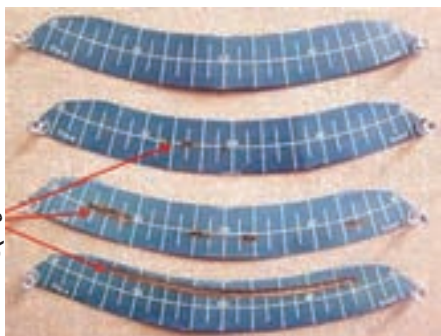
الف) مدت تابش خورشید یا ساعات آفتابی؛

ب) شدت تابش خورشید.

ابزار اندازه‌گیری ساعات آفتابی روز، به ثبت‌کننده آفتاب یا «آفتاب‌نگار»<sup>۱</sup> موسوم است. معمول‌ترین نوع آن آفتاب‌نگار «کمپل استوکس»<sup>۲</sup> است. این دستگاه در محلی نصب می‌شود که هیچ شیئی در هیچ فصلی روی آن سایه نیندازد. دستگاه باید به شکل تراز روی پایه نصب شود و بر حسب عرض جغرافیایی تنظیم می‌شود. ظرف دستگاه دارای سه شیار مخصوص نصب کاغذ است که بر حسب فصل، نوار مقوایی در یکی از آنها نصب می‌شود.

۱- Sunshine recorder

۲- Campheil-stoks



تصویر ۳-۶- کاغذهای مخصوص آفتاب‌نگار



تصویر ۳-۵- آفتاب‌نگار کمپل استوکس

### بیشتر بدانید

دستگاه آفتاب‌نگار تصویر ۳-۵: در اثر تابش نور خورشید به گوی شیشه‌ای، نور خورشید بر روی مقوا متمرکز می‌گردد و نوار مقوایی را دچار سوختگی می‌کند. حال بر اساس مندرجات، مشخص می‌شود که هوا در طول روز چند ساعت آفتابی بوده است.

### مقیاس‌های سنجش دما

اندازه‌گیری درجه حرارت هوا در سطوح مجاور زمین، بالای جو، دریاها و اقیانوس‌ها و اعماق خاک، توسط دستگاه‌هایی به نام دماسنج<sup>۱</sup> صورت می‌گیرد. در این دستگاه‌ها از خواص فیزیکی تغییرپذیری، نظیر انقباض و انبساط طولی یا حجمی و همچنین تغییر مقاومت در اثر تغییرات درجه حرارت استفاده می‌کنند. به طور کلی امروزه سه سامانه از مقیاس‌های سنجش دما مورد استفاده قرار می‌گیرد: فارنهایت<sup>۲</sup>، سلسیوس<sup>۳</sup> یا سانتی‌گراد و کلوین<sup>۴</sup>. در سامانه فارنهایت آب در ۳۲ درجه یخ می‌زند و در ۲۱۲ درجه می‌جوشد و این فاصله به ۱۸۰ واحد تقسیم می‌شود. در سامانه سانتی‌گراد یا سلسیوس، آب در صفر درجه یخ می‌زند و در ۱۰۰ درجه می‌جوشد. از این رو فاصله انجماد و نقطه جوش به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد یا سلسیوس درجه بندی می‌شود. سامانه کلوین از صفر مطلق شروع می‌شود. برای تبدیل یک درجه سانتی‌گراد به فارنهایت یا بالعکس از فرمول‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

۱- Thermometer

۲- Fahrenheit

۳- Celsius

۴- Kelvin

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32 \quad \text{و} \quad ^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(\text{F} - 32)$$

صفر مطلق ۲۷۳/۱۵- درجه سانتی‌گراد زیر نقطه انجماد آب و نتیجه نقطه انجماد ۲۷۳/۱۵ درجه کلوین (°k) است.

### طبقه‌بندی دماسنج‌ها

دماسنج‌های هواشناسی بر مبنای عنصر حساسی که در ساختمان آنها به کار رفته است، به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- **دماسنج‌های مایع در شیشه:** عنصر حساس این نوع دماسنج‌ها، مایعی است که در اثر تغییر دمای محیط منبسط یا منقبض می‌شود. دماسنج‌های جیوه‌ای و الکلی را می‌توان جزء این دسته از دماسنج‌ها به حساب آورد.

اکثر دماسنج‌های مورد استفاده در اندازه‌گیری‌های هواشناسی از این نوع‌اند. در این نوع دماسنج‌ها، بزرگ بودن انبساط حجمی مایع نسبت به شیشه را با تغییرات طول ستون مایع در لوله باریک اندازه می‌گیرند. دامنه کاربرد دماسنج‌های مایع در شیشه، دماسنج معمولی یا خشک، دماسنج تر، دماسنج بیشینه، دماسنج کمینه و دماسنج‌های خاک هستند.

۲- **دماسنج‌ها و دمانگارهای تغییر شکل دهنده:** عنصر حساس این ابزارها در اثر تغییر دمای محیط تغییر شکل می‌دهد، از این دسته دمانگارها می‌توان دمانگار دوفلزی<sup>۱</sup> را نام برد. دمانگار دستگاهی است که منحنی نمایش تغییرات دمای شبانه روزی هوا را به طور دائم رسم می‌کند.

### فعالیت

اگر ماه رمضان با فصل تابستان همزمان شود، طول زمان روزه برای شهرهای بندرعباس و تبریز را مقایسه کنید.  
 هنگامی که ماه رمضان در زمستان باشد چه تغییری می‌کند؟



تصویر ۷-۳- دمانگار

## بیشتر بدانید

دمانگار دوفلزی، این دماسنج اغلب برای آن نواحی به کار می‌رود که دسترسی به آنها در کوتاه مدت مشکل است یا برای دقت بیشتر و کنترل درجه حرارت در ساعات مختلف، از این دماسنج استفاده می‌کنند.

## خودآزمایی

- ۱- کدام روش انتقال گرما نقش کمتری در انتقال دما در جو دارد؟ با ذکر علت توضیح دهید.
- ۲- با توجه به رابطه بین مقیاس سانتی گراد و فارنهایت، تعیین کنید ۷۳ فارنهایت چند درجه سانتی گراد است؟
- ۳- اگر زمین جو نداشت، میانگین دمای آن چه تفاوتی با شرایط فعلی داشت؟ علت را بیان کنید.

## رطوبت در جو<sup>۱</sup>

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود :

- ۱- منابع رطوبت در جو را توضیح دهد.
- ۲- عوامل مؤثر بر تبخیر را توضیح دهد.
- ۳- فرایند تبدیل رطوبت جو به بارش را توضیح دهد.
- ۴- سنجه های رطوبت در جو را نام ببرد.
- ۵- روش های اندازه گیری رطوبت در جو را توضیح دهد.



## آیامی دانستید

اقیانوس‌ها با عمق متوسط  $3/8$  کیلومتر و با پوششی از  $71$  درصد از سطح کره زمین،  $97$  درصد از تمام آب کره زمین را در بر می‌گیرند.  $75$  درصد از تمام آب شیرین کره زمین در یخچال‌ها و یخ پهنه‌ها انباشته شده و باقی‌مانده تقریباً به صورت آب‌های زیرزمینی است. یک حقیقت حیرت‌انگیز نیز عبارت از این است که تمام رودهای جاری کنونی و دریاچه‌ها فقط  $3/3$  درصد از تمام آب شیرین جهان را در بردارند و خود اتمسفر نیز تقریباً  $3/5$  درصد از این آب شیرین را داراست.

### مقدمه

آب یکی از اجزای بسیار مهم زمین و جو است و معمولاً به سه حالت ماده، یعنی گازی شکل (بخار آب)، مایع و جامد (یخ) در طبیعت دیده می‌شود. علتش این است که دامنه تغییرات دمای مورد نیاز برای تغییر حالت آب در سطح زمین مهیاست، لذا بر خلاف بعضی از اجسام دیگر هر سه حالت فوق را می‌توان در جو مشاهده نمود.

همان‌طور که در فصل اول گفته شد، هوا دارای بخار آب است، ولی میزان آن با توجه به تغییرات زمان و مکان هیچ‌گاه از  $4$  درصد در جو تجاوز نمی‌کند. با وجود همین میزان اندک، از نظر هواشناسی و اقلیم‌شناسی نقش بسیار مهمی دارد، زیرا منبع اصلی بارندگی، بخار آب موجود در هواست. منبع اصلی بخار آب در هوا از طریق تبخیر تأمین می‌شود و برای وقوع تبخیر، انرژی زیادی مصرف می‌شود. این انرژی به صورت نهان از منطقه تبخیر به دوردست‌ها انتقال می‌یابد و در منطقه دیگر یا در سطح دیگری، که تراکم به وقوع می‌پیوندد، آزاد می‌شود.

به طور کلی، بخش اعظمی از بخار آب در لایه‌های پایین اتمسفر، یعنی در سطوح نزدیک به سطح تبخیر متراکم می‌گردد. به این ترتیب، با افزایش ارتفاع، میزان بخار آب به سرعت افت می‌کند.

### منابع رطوبت در جو

با وجود تغییرات هوا در فصل‌های مختلف، به طور متوسط میزان بخار آب در جو ثابت است. تبخیر از سطح اقیانوس‌ها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و خاک مرطوب که دائماً ادامه دارد، همواره بارش باران، برف و غیر آنها جبران شود.

فرایند کاملی که مقدار بخار آب را در هوا ثابت نگه می‌دارد چرخهٔ آب یا سیکل هیدرولوژی نامیده می‌شود که شامل تبخیر مستقیم از آب‌های سطحی، به‌ویژه اقیانوس‌ها و زمین مرطوب است. از دست رفتن رطوبت گیاه و ورود آن به جو، تعرق نام دارد که مقدار آن در هر منطقه متفاوت است. تبخیر- تعرق که شامل تبخیر از سطح زمین (خاک) و تعرق از سطح گیاه می‌باشد واژه‌ای است که در مورد مناطقی که دارای پوشش گیاهیست به کار می‌رود.

### عوامل مؤثر بر تبخیر<sup>۱</sup>

عوامل متعددی بر سرعت تبخیر مؤثرند که می‌توان ذیلاً به پنج عامل مهم آنها اشاره کرد:

**الف) دما:** میزان تبخیر و سرعت آن متناسب با دمای آب است. با افزایش دمای آب، سرعت حرکت تمامی مولکول‌های مایع زیاد می‌شود و عملاً مولکول‌های بیشتری برای شکستن کشش سطحی و فرار از سطح مایع سرعت لازم را به دست می‌آورند. بدیهی است که آب داغ خیلی سریع‌تر از آب سرد تبخیر می‌شود.

**ب) درجهٔ اشباع:** هر چه هوای مجاور آب، ذرات بیشتری از مایع را در خود جای داده باشد تعداد زیادتری از همان ذرات قادرند به داخل مایع بازگردند و از این رو میزان خالص تبخیر کم می‌شود. به همین دلیل است که در هوای خشک، تبخیر بیشتر از هوای مرطوب صورت می‌گیرد.

**پ) سرعت باد:** سرعت باد عملاً دو عامل فوق را تغییر می‌دهد. افزایش سرعت باد، در جابه‌جایی و دور شدن بخار آب از سطح مایع تبخیر شونده تا حد معینی مؤثر است و میزان رطوبت در بالای آب را در حد پایین نگه می‌دارد. وقتی بدن خود را در هوای گرم باد می‌زنیم، رطوبت را، که به شکل بخار آب درآمده است، از روی پوست بدن دور می‌کنیم و از این طریق میزان تبخیر را افزایش می‌دهیم و این عمل باعث می‌شود مصرف گرما به منظور تأمین گرمای نهان تبخیر آب از بدن افزایش یابد و در نتیجهٔ آن، احساس خنک شدن به انسان دست می‌دهد.

**ت) شوری آب:** تبخیر آب با شوری آن رابطهٔ عکس دارد، به این معنی که هر چه شوری بیشتر باشد، میزان تبخیر کمتر خواهد بود. در شرایط مساوی، آب اقیانوس (آب شور) ۵ درصد کمتر از آب خالص تبخیر می‌شود.

**ث) سطح تبخیر:** اگر دو مقدار آب با حجم مساوی موجود باشد، حجم آبی که با سطح بیشتر در مقابل هوا قرار می‌گیرد با سرعت بیشتری تبخیر می‌شود.

<sup>۱</sup> - Evaporation





## فرایند تراکم (تبدیل رطوبت جو به بارش)

الف) اشباع: اگر مقدار بخار آب موجود در جو به طریقی افزایش یابد، زمانی فرا می‌رسد که دیگر جو نمی‌تواند رطوبت جذب کند و بخار آب اضافه بر گنجایش رطوبتی هوا به صورت قطرات آب در می‌آید. در این حالت رطوبت هوا به ظرفیت نهایی خود رسیده است؛ یعنی هوا اشباع شده است (تصویر ۴-۱).



تصویر ۴-۱

توده هوا به دو طریق اشباع می‌شود:

- ۱- از طریق پایین آوردن دما: دمای آن را آنقدر پایین بیاوریم که به دمای نقطه شبنم برسد و در واقع نقطه شبنم بیانگر رطوبت موجود است. اگر هوا را از نقطه شبنم سرد کنیم، رطوبت موجود در آن گنجایش نهایی رطوبت آن است و هرگونه افزایش رطوبت به آب تبدیل و از هوا خارج می‌شود.
  - ۲- از طریق افزایش رطوبت به هوا: هرگاه بخار آب در هوا به اندازه کافی و رطوبت نسبی هوا به صد در صد رسیده باشد عمل اشباع صورت می‌گیرد. با اضافه شدن، رطوبت به مایع تبدیل می‌شود و به این عمل «تراکم» یا «میعان» اطلاق می‌گردد. در چنین حالتی ابر یا مه در جو پدیدار می‌گردد.
- بنابراین در هر دو روش، دمای هوا و دمای نقطه شبنم را برابر می‌کنیم: یا از طریق پایین آوردن دمای هوا تا حد دمای نقطه شبنم یا از طریق بالا بردن دمای نقطه شبنم (افزایش رطوبت) تا حد دمای موجود هوا.

ب) تراکم: نتیجه فرایند اشباع، پر شدن هوا از بخار آب است، ولی در طول این فرایند، رطوبت جو به صورت بخار، نامرئی‌ست اما اگر توده هوا به صعود خود ادامه دهد، دمای هوا کمتر و رطوبت موجود در آن بیش از گنجایش آن می‌شود و در نتیجه، بخار آب اضافی به صورت قطره‌های آب در می‌آید.

این فرایند به «تراکم» موسوم است. بنابراین، در فرایند تراکم، رطوبت جو از حالت بخار به حالت مایع تبدیل می‌شود. در هوای غیر اشباع، مولکول‌های بخار آب با مولکول‌های هوا هم‌حالت و یکسان‌اند و حرکت آزاد دارند، اما موقعی که بخار آب هوا به حداکثر ظرفیتش برسد، مولکول‌های بخار آب از حرکت آزاد باز می‌مانند و با متراکم شدن به قطرات آب تبدیل می‌گردند.

## فعالیت

زمانی که بخار از دهانه کتری و در هنگام باز کردن در یخچال خارج می‌شود و شما آنرا مشاهده می‌نمایید (تصویر ۲-۴) کدام فرایندها اتفاق می‌افتند؟



تصویر ۲-۴

## سنجش‌های رطوبت

- ۱- نسبت اختلاط: نسبت جرم بخار آب موجود در واحد حجم هوا به جرم هوای خشک موجود در همان حجم، «نسبت اختلاط» نامیده می‌شود و بر حسب گرم به کیلوگرم بیان می‌گردد. این نسبت، با افزایش درجه حرارت رابطه مستقیم و با میزان فشار رابطه غیرمستقیم دارد.
- ۲- رطوبت ویژه: نسبت وزن (جرم) بخار آب موجود به وزن (جرم) هوای مرطوب، «رطوبت ویژه» نامیده می‌شود و بر حسب گرم بر گرم یا گرم بر کیلوگرم بیان می‌شود.
- ۳- رطوبت مطلق<sup>۱</sup>: وزن (جرم) بخار آب موجود بر حسب گرم در واحد حجم هوا، رطوبت مطلق نامیده می‌شود و واحد آن گرم بر متر مکعب یا سانتی متر مکعب است. میزان آن از خط استوا به سمت قطب‌ها و از ساحل به درون خشکی‌ها و از مناطق پست به سمت نواحی مرتفع کاسته می‌شود.
- ۴- رطوبت نسبی<sup>۲</sup>: رطوبت نسبی عبارت است از نسبت بخار آب موجود در هوا به حداکثر بخار آبی که هوا می‌تواند در همان دما در خود جای دهد. به عبارت دیگر، نسبت جرم بخار آب موجود را در هر حجمی از هوا به جرم آب موجود در همان حجم هوا در حالت اشباع «رطوبت نسبی» می‌گویند. میزان رطوبت نسبی برابر یا کمتر از واحد است، ولی برای بیان آن، درصد آن را در نظر می‌گیرند.
- ۵- دمای شبنم<sup>۳</sup>: اگر هوا آن قدر سرد شود تا در فشار ثابت از رطوبت اشباع شود، دمای به دست آمده، دمای نقطه شبنم نامیده می‌شود.

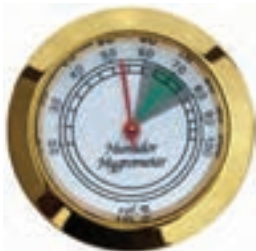
۱- Absolute humidity

۲- Relative humidity (RH)

۳- Dew point



## روش‌های اندازه‌گیری رطوبت



تصویر ۳-۴- دستگاه رطوبت‌سنج در کشتی‌ها

دستگاهی که برای اندازه‌گیری رطوبت یا مقدار بخار آب در جو به کار می‌رود «رطوبت‌سنج»<sup>۱</sup> (تصویر ۳-۴) نام دارد. در اینجا روش‌های مختلف اندازه‌گیری رطوبت هوا را در مکانی معین بررسی می‌کنیم. با تغییر رطوبت نسبی هوا، ابعاد بسیاری از مواد آلی تغییر می‌کند. از این خاصیت در بعضی از رطوبت‌سنج‌ها استفاده شده است. مثلاً طول موی اسب با تغییر رطوبت نسبی ثابت نمی‌ماند. به این دستگاه «رطوبت‌نگار مویی» می‌نامند.

یک روش ساده ولی دقیق‌تر برای اندازه‌گیری رطوبت، استفاده از سایکرومتر<sup>۲</sup> یا «رطوبت‌سنج



تصویر ۴-۴- سایکرومتر

تبخیریست» (تصویر ۴-۴). این دستگاه شامل دو دماسنج است که در کنار یکدیگر نصب شده‌اند. یکی از این دماسنج‌ها دمای هوا و دیگری دمای نم را اندازه‌گیری می‌کند. گاهی سایکرومتر را دماسنج‌های تر و خشک هم می‌نامند. دماسنج تر نوعی دماسنج، مانند دماسنج معمولی خشک است که برای اندازه‌گیری دمای تر به کار می‌رود. مخزن دماسنج تر را لایه‌ای از پارچه پنبه‌ای مخصوص، که آن را «موسلین»<sup>۳</sup> می‌نامند، به صورت فتیله‌ای نمناک پوشانده است که انتهای این فتیله در ظرف آب مقطر قرار دارد. دماسنج‌های تر و خشک باید در معرض هوای آزاد قرار گیرند و از تابش مستقیم خورشید دور باشند.

سایکرومترها را می‌توان به دو نوع تقسیم کرد:

۱- سایکرومتر ثابت، مانند سایکرومتر پناهگاهی (تصویر ۴-۴)؛

۲- سایکرومتر قابل حمل و نقل، مانند سایکرومتر آسمان و چرخنده (تصویر ۳-۴).

هنگامی که دمای تر و خشک هوا اندازه‌گیری شود به کمک جداول می‌توان رطوبت نسبی و

۱- Hygrometer

۲- Psychrometer

۳- Muslin: نوعی فتیله پارچه‌ای است که حالت مویبندی قوی دارد و رطوبت را به سرتاسر پارچه پخش می‌کند.

دمای نقطه شبنم را تعیین کرد (جدول ۱-۴). تفاوت دماسنج تر از خشک به میزان تبخیر بستگی دارد. اختلاف دو دماسنج را کاهش دمای تر می‌گویند. محل استقرار سایکرومترها در اطراف پل فرماندهی کشتی‌ها و در هوای آزاد است.

چون هدف از سایکرومترها تعیین دما و رطوبت نسبی هوای آزاد می‌باشد، بنابراین، نباید آن را در نزدیکی محل‌های نصب کرد که دارای تشعشعات حرارتی مربوط به دودکش، آشپزخانه و دیگ بخار باشد. چگونگی تعیین رطوبت نسبی به این صورت است که حتی‌الامکان باید دماسنج تر و خشک را به‌طور همزمان قرائت نمود و سپس اختلاف بین آن دو را محاسبه کرد. این اختلاف دمای تر و خشک را وارد جدول‌هایی که یک نمونه آن در جدول ۱-۴ نشان داده شده و میزان رطوبت نسبی در آن استخراج گردیده است.



تصویر ۴-۵- شکل‌های مختلف رطوبت شامل شبنم، برفک، مه و ابر

### بیشتر بدانید

اگر مقدار دمای قرائت شده از دماسنج خشک و تر به ترتیب ۱۵ و ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد باشد میزان رطوبت نسبی محیط را به دست آورید.  
۱- دمای تر را از سانتی‌گراد به فارنهایت تبدیل می‌کنیم:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \text{C} + 32 \Rightarrow ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \times 10.5 + 32 = 51^{\circ}\text{F}$$



۲- دمای خشک را از سانتی‌گراد به فارنهایت تبدیل می‌کنیم:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32 \Rightarrow ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \times 15 + 32 = 59^{\circ}\text{F}$$

۳- اختلاف دمای خشک را بدست می‌آوریم:

$$\Delta T = 59 - 51 = 8$$

۴- با استفاده از این میزان اختلاف (هفت درجه فارنهایت) و مقدار قرائت شده از دماسنج تر (۵۹ درجه فارنهایت) وارد جدول مخصوص رطوبت نسبی شده، و از تقاطع دو مقدار، میزان رطوبت نسبی برابر جدول ۱-۴ مقدار ۴۵٪ رطوبت بدست می‌آید.

## خودآزمایی

- ۱- عوامل مؤثر بر تبخیر را نام ببرید.
- ۲- باد چه تأثیری بر میزان تبخیر دارد؟
- ۳- دمای نقطه شبنم را تعریف کنید.
- ۴- شکل‌های مختلف رطوبت در جو را نام ببرید.
- ۵- اگر مقدار دمای قرائت شده از دماسنج خشک و تر به ترتیب ۵۷ و ۵۳ درجه فارنهایت باشد، میزان رطوبت نسبی محیط را بدست آورید.

جدول ۱-۴ استخراج رطوبت نسبی

Wet-bulb رطوبت‌تر (F)	اختلاف درجه دما سطح‌تر و خشک (Depression of the wet - bulb thermometer)																					
	۰/۵	۱/۰	۱/۵	۲/۰	۲/۵	۳/۰	۳/۵	۴/۰	۴/۵	۵/۰	۵/۵	۶/۰	۶/۵	۷/۰	۷/۵	۸/۰	۸/۵	۹/۰	۹/۵	۱۰/۰	۱۰/۵	
۵۰/۰	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۲	۴۱	۴۱	۴۰	۴۰	۴۰
۵۰/۵	۵۰	۴۹	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۲	۴۱	۴۱	۴۰	۴۰
۵۱/۰	۵۱	۵۰	۵۰	۴۹	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۲	۴۱	۴۱	۴۱
۵۱/۵	۵۱	۵۱	۵۰	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۲	۴۱	۴۱	۴۱
۵۲/۰	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۲	۴۱	۴۱
۵۲/۵	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۲	۴۱
۵۳/۰	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲	۴۱
۵۳/۵	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۳	۴۲
۵۴/۰	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳	۴۲
۵۴/۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۴	۴۳
۵۵/۰	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۳
۵۵/۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴	۴۳
۵۶/۰	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴
۵۶/۵	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵
۵۷/۰	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۶	۴۵
۵۷/۵	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۵
۵۸/۰	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷
۵۸/۵	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۷
۵۹/۰	۵۹	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸
۵۹/۵	۵۹	۵۹	۵۹	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۸

## باد

**هدف های رفتاری :** در پایان این فصل از هنرجو انتظار می رود :

- ۱- باد را در سطح دریا و زمین توضیح دهد.
- ۲- جهت و سرعت باد را شناسایی کند.
- ۳- شکل امواج دریا را با توجه به سرعت باد شناسایی کند.
- ۴- نیروهای مؤثر بر باد را نام ببرد.
- ۵- وسایل اندازه گیری باد را نام ببرد.
- ۶- انواع بادهای مقیاس جهانی و بادهای محلی را توضیح دهد.
- ۷- نحوه تشکیل موج در دریا را توضیح دهد.



تصویر ۱-۵- نمایشگر بادسنج در کشتی ها

## مقدمه

خداوند در قرآن مجید از بشر می‌خواهد تا به همهٔ آفریده‌های هستی با تفکر بنگرد. باد همان هوای متحرک<sup>۱</sup> و هوایی است که به جهت معینی تغییر مکان می‌دهد.<sup>۲</sup> بنابراین، باد نیز همانند دیگر آفریده‌های هستی، نقش‌های چندگانه‌ای را ایفا می‌کند. با شناخت «باد» می‌توان عظمت الهی را دریافت و در برابر خداوند، خسیت و ورزید و خود را در مسیر کمالات الهی قرار داد.

در این فصل می‌خواهیم وضعیت حرکت هوا در دریا، وسایل اندازه‌گیری باد، حرکت باد در روی دریا و تأثیر آن بر امواج را بیاموزیم و در ادامه نیروهایی را که باعث ایجاد باد می‌شوند (نسیم دریا، نسیم خشکی، نسیم کوه‌پایه و نسیم دره) نیز بشناسیم.

## تعریف باد

جابه‌جایی مکانی یک تودهٔ هوایی را «باد» می‌نامند. این جابه‌جایی در اثر عوامل مختلف طبیعی و مصنوعی امکان‌پذیر است:

**الف) مصنوعی:** این شکل از جابه‌جایی هوا در اثر نیروهای وارده بر یک تودهٔ هوا از طریق دستگاه‌ها یا عوامل انسانی صورت می‌گیرد، مثل حرکت یک ماشین که پس از عبور آن یکسری اغتشاشات و ناهنجاری هوا در تودهٔ هوای پشت سر انسان صورت می‌گردد یا جابه‌جایی دست، استفاده از بادبزن دستی و ...

**ب) طبیعی:** وزش باد در روزهای گرم و سرد سال، وزش باد در اطراف سواحل دریاها و اقیانوس‌ها، وزش باد از دریا به ساحل و ...

همهٔ این مثال‌ها نوعی حرکت فیزیکی هستند که بر اثر نیروی وارده رخ می‌دهند. در حالت طبیعی وزش باد، این نیرو می‌تواند در اثر تغییرات دمایی و فشار بین دو نقطه از یک تودهٔ هوا صورت گیرد.

## باد در سطح دریا

حرکت هوا (باد) در سطح زمین، دریا و جو آزاد، معمولاً به صورت آشفتگی یا اغتشاشی است و این حرکات بیچکی شکل در اندازه‌های گوناگون بسط و گسترش می‌یابند. حرکت هوا در سطح زمین تحت تأثیر اصطکاک سطحی (ناهمواری زمین) و همرفت گرمایی (اختلاف دمای بین سطح گرم

۱- مفردات الفاظ قرآن کریم، ص ۳۷۰

۲- لغت نامه، دهخدا، ج ۳





زمین و هوای سرد بالا) قرار دارد، به طوری که جریان آرام و لایه‌ای هوایی که تمایل به صعود دارد تحت تأثیر این عوامل، متلاطم و به حرکت‌های مارپیچ تبدیل می‌شود (تصویر ۲-۵).

ابعاد اصطکاک بین جریان هوا و سطح زمین



تصویر ۲-۵. تأثیر اصطکاک سطحی (ناهمواری زمین) و همرفت گرمایی بر حرکت هوا در سطح زمین (باد)

چون تلاطم باد در سطح زمین به دلیل ناهمواری‌ها و اختلاف دما زیاد است، اما در دریاها، به‌علت سطح هموار و یکنواختی دما، باد یکنواخت است و متعاقب آن، سرعت باد افزایش می‌یابد.

### اندازه‌گیری باد

دستگاهی که برای اندازه‌گیری وزش باد مورد استفاده قرار می‌گیرد، معمولاً از دو قسمت اصلی ساخته شده است: یکی به منظور تعیین جهت (بادنما) و دیگری برای اندازه‌گیری سرعت وزش باد.



تصویر ۴-۵. بادسنج دستی دریایی



تصویر ۳-۵. بادسنج

سنجش واقعی باد در سطح زمین اغلب در اثر تأثیر عوامل محلی و موانع با مشکل مواجه می‌گردد، لذا ایستگاه‌های هواشناسی را در ارتفاع ده‌متری از سطح زمین و در فضای باز، به‌عنوان استاندارد (برای اندازه‌گیری باد سطح)، مستقر می‌کنند.

### جهت باد

«باد» توده‌ هوای در جریان است. تشخیص جهت جریان باد ضرورت دارد. منظور از جهت باد سوییست که باد از آن طرف می‌وزد. جهت‌های باد به کمک جهات جغرافیایی تعیین می‌شوند. به طور مثال باد غربی بادیست که از سمت غرب وزیده و به طرف شرق در حرکت است. دستگاه اندازه‌گیری جهت باد را «بادنما» می‌گویند و انواع گوناگونی دارد. این دستگاه یک فلش فلزی ماندنیست که در هنگام وزش باد در راستای جهت وزش باد قرار می‌گیرد (تصویر ۳-۵). باها از نظر جهت به هشت گروه عمده تقسیم بندی می‌شوند (تصویر ۵-۵).



### سرعت باد

سرعت باد در سطح زمین به روش‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شود یکی از روش‌ها، استفاده از دستگاه اندازه‌گیری باد و روش دیگر استفاده از جدول «بوفورت» است که ابتدا برای استفاده دریانوردان طرح‌ریزی گردید و سپس مقیاس بوفورت در خشکی هم مورد استفاده قرار گرفت. سرعت باد به وسیله یکی از واحدهای زیر بیان می‌شود:

جدول ۱-۵ - واحدهای سرعت باد

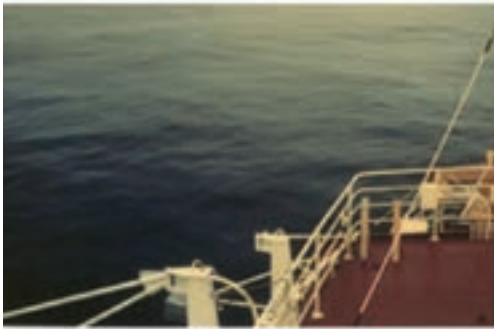
گره دریایی (نات)	متر	کیلومتر
	ثانیه	ساعت
۱	۰/۵۱۵	۱/۸۵۳

## جدول ۲-۵- بوفورت

قدرت دریا	سرعت باد (گره)		وضعیت باد و موج	وضعیت ارتفاع موج (متر)	وضعیت در دریا
	متوسط	محدوده			
۰	۰	< ۱	آرام	۰	بدون حرکت
۱	۲	۱-۲	باد ملایم	۰/۱	ناهمواری‌های بسیار کوچک آب
۲	۵	۳-۶	نسیم سبک	۰/۲	موج‌های کوچک پیدا می‌شود
۳	۹	۷-۱۰	نسیم ملایم	۰/۶	موج‌های کوچک بزرگ، شکسته و سفیدی موج‌ها مشخص می‌شود
۴	۱۳	۱۱-۱۵	نسیم متوسط	۱	موج‌های کوتاه مقداری از کف‌های سفیدی را به حرکت در می‌آورد.
۵	۱۹	۱۶-۲۰	نسیم تند	۲	موج‌های متوسط و ارتفاع موج تا ۱/۳ متر می‌رسد و گاهی آب دریا در هوا پخش می‌شود.
۶	۲۴	۲۱-۲۶	نسیم شدید	۳	موج‌های بلند با کف در قلّه آنها و احتمال پخش شدن آب در هوا پوسیده زیاد است.
۷	۳۰	۲۷-۳۳	تندباد ملایم	۴	دریا حجیم می‌شود و کف‌های سفیدی گسترده تولید می‌کند و آب دریا در هوا پخش می‌شود.
۸	۳۷	۳۴-۴۰	تندباد	۵/۵	امواج بلند با طول بسیار زیاد که قسمت‌های امواج بر می‌گردند و در هوا پخش می‌شوند.
۹	۴۴	۴۱-۴۷	تندباد شدید	۷	موج‌های بلند (۱/۷ الی ۰/۸) با دنباله‌های کفی همراه می‌شوند قسمت بالای امواج باهم می‌خورند و صدای بلند بوجود می‌آید. ترشح امواج قابلیت دید را با مشکل مواجه می‌کند.
۱۰	۵۲	۴۸-۵۵	طوفان	۹	امواج بسیار بلند، صدای بسیار ناخفشار، سطح آب کاملاً سفید از کف دریاست و به طور دائم در هوا پخش می‌شود و می‌ران دید ضعیف است.
۱۱	۶۰	۵۶-۶۳	طوفان شدید	> ۱/۵	بر اثر امواج بلند، کشتی‌های کوچک و متوسط ممکن است برای چند لحظه پشت موج‌ها از نظر گم شوند. دریا کاملاً توسط کف سفید در جهت وزش باد پوشیده شده است. همه جا بله بالای امواج به درون کف‌ها نواخته می‌شود. دیده کاهش می‌یابد.
۱۲	≥ ۶۴		طوفان خیلی شدید		هوا بر از ترسحات امواج است. دریا پوسیده ترسحات براب تند کاملاً سفید شده است. دیده خیلی زیاد کاهش می‌یابد، سرعت مستمر باد بیش از ۶۴ گره است.



تصویر ۵-۶- حالت‌های دریا در مقیاس بوفورت



قدرت دریا ۱  
سرعت باد ۱-۳ گره دریایی



قدرت دریا ۲  
سرعت باد ۳-۶ گره دریایی



قدرت دریا ۳  
سرعت باد ۷-۱۰ گره دریایی



قدرت دریا ۴  
سرعت باد ۱۱-۱۵ گره دریایی



قدرت دریا ۵  
سرعت باد ۱۶-۲۰ گره دریایی



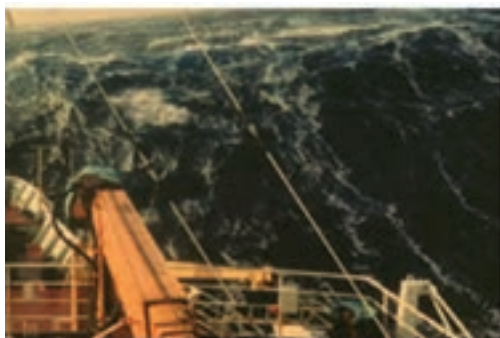
قدرت دریا ۶  
سرعت باد ۲۱-۲۶ گره دریایی



قدرت دریا ۷  
سرعت باد ۲۷-۳۳ گره دریایی



قدرت دریا ۸  
سرعت باد ۳۴-۴۰ گره دریایی



قدرت دریا ۹  
سرعت باد ۴۱-۴۷ گره دریایی



قدرت دریا ۱۰  
سرعت باد ۴۸-۵۵ گره دریایی



قدرت دریا ۱۱  
سرعت باد ۵۶-۶۳ گره دریایی



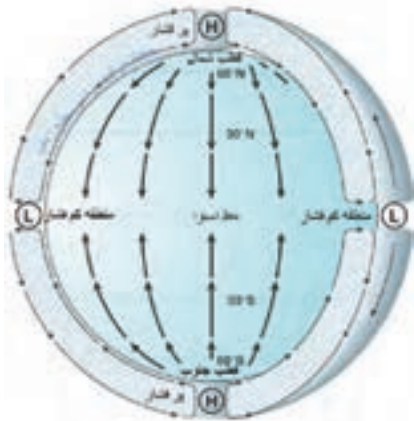
قدرت دریا ۱۲  
سرعت باد بیش از ۶۴ گره دریایی

نیروهای مؤثر بر حرکت باد

باد نتیجه اختلاف فشار هوا در سطح افقی است. در این جا حرکت افقی هوا را که باد نامیده

می‌شود، توضیح می‌دهیم:

هوا معمولاً از ناحیه با فشار بالاتر به ناحیه با فشار کمتر جریان می‌یابد. باد اطراف زمین، در

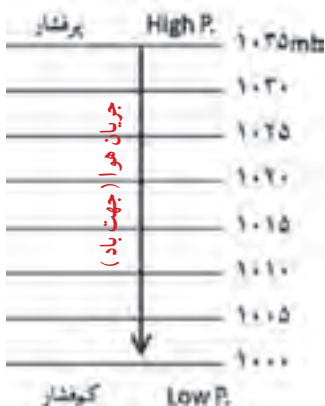


تصویر ۵-۷- جهت حرکت هوا، اگر زمین نمی‌چرخید و اصطکاک وجود نداشت.

نتیجه گرم شدن نقاط مختلف زمین است، که با تابش نابرابر خورشید روی سطح زمین رخ می‌دهد. اگر زمین نمی‌چرخید و اصطکاک وجود نداشت، هوا به طور مستقیم از ناحیه فشار بالاتر به طرف ناحیه با فشار پایین جریان می‌یافت (تصویر ۵-۷)؛ اما با توجه به این که موارد یاد شده وجود دارند، می‌توان گفت که باد با ترکیب از نیروهایی از قبیل نیروی گرادیان فشار، نیروی کوریولیس و نیروی اصطکاک، کنترل می‌شود و بادهای جهانی و بادهای مقیاس پایین را به وجود می‌آورد که به شرح آنها می‌پردازیم.

۱- نیروی گرادیان فشار<sup>۱</sup>: نیرویی که جریان باد را ایجاد می‌کند ناشی از اختلاف فشار

افقی بین دو ناحیه پرفشار و کم‌فشار است. هوای محصور بین دو ناحیه فشار زیاد و فشار کم تعادل خود را از دست می‌دهد به حرکت درمی‌آید (تصویر ۵-۸). هر چه این اختلاف فشار زیادتر باشد



سرعت جریان هوا (باد) زیادتر خواهد بود. مانند بادبادک پر از هوا که جهت تعادل فشار با هوای اطراف، به محض اینکه دهانه آن باز می‌شود خود، هوای درون را با فشار به بیرون می‌راند. تغییرات فشار در واحد فاصله را «گرادیان فشار» می‌نامند. هر چه هم‌فشارها به هم نزدیک‌تر باشند، گرادیان فشاری بزرگ‌تر و در نتیجه نیرویی بزرگ‌تر می‌شود و باد شدیدتر خواهد بود.

تصویر ۵-۸- حرکت هوا از فشار زیاد به فشار کم در اثر نیروی گرادیان فشار

۱- Pressure Gradient Force, PGF





## ۲- نیروی کوریولیس<sup>۱</sup>: این نیرو در اثر چرخش زمین بوجود می‌آید. می‌دانیم که زمین

دارای سرعت زاویه‌ای است. که این سرعت در مدار استوا به حداکثر خود و در قطب‌های شمالی و جنوبی زمین به صفر می‌رسد.

حال اگر یک توده هوا را در نظر بگیریم که می‌خواهد از استوا به قطب شمال برود، با توجه به اینکه سرعت زمین در استوا بیشتر از سرعت زمین در قطب است، در اثر اختلاف سرعت بین این دو عرض و همچنین به علت سرعت خود توده هوا، این توده به سمت راست مسیرش منحرف می‌شود. این کوریولیس بدون تأثیر اتفاق در نیم کره جنوبی برعکس خواهد بود (تصویر ۹-۵).



### فعالیت

یک نمونه از نیروی کوریولیس را در پیرامون خود مثال بزنید و توضیح دهید.

## ۳- تأثیر نیروی اصطکاک سطح زمین بر باد: باد واقعی متأثر از نیروی اصطکاک

است. تپه‌ها، کوه‌ها و پستی‌ها و بلندی‌ها عواملی هستند که می‌توانند عامل ایجاد نیروی اصطکاک و تأثیر آن بر باد واقعی باشند.

لایه‌ای که باد تحت تأثیر اصطکاک سطح زمین قرار می‌گیرد به «لایه اصطکاک» مشهور است. ضخامت این لایه متغیر است و به سرعت باد، دما و ناهمواری‌های سطح زمین بستگی دارد و در داخل لایه اصطکاک سرعت باد تقلیل می‌یابد.

تأثیر اصطکاک با ارتفاع کاهش می‌یابد، به طوری که در ارتفاع حدود یک کیلومتری (و بیشتر) از سطح زمین و در حدود ۱۵۰ متری از سطح دریا قابل چشم‌پوشی است. تأثیر نیروی اصطکاک بر باد در روی دریا نیز کمتر از تأثیر آن بر روی خشکی است. به طور کلی سرعت باد واقعی در روی دریا در حدود  $\frac{2}{3}$  سرعت باد زمین‌گرد<sup>۲</sup> است و زاویه‌ای که جریان باد با خطوط هم‌فشار درست می‌کند در حدود ۱۵ درجه است. سرعت باد واقعی در روی خشکی بین  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{2}{3}$  سرعت باد زمین‌گرد است

<sup>۱</sup>- Coriolis Force

<sup>۲</sup>- باد یست افقی و به دور از نیروی اصطکاک با سرعت ثابت که از تعادل دو نیروی گرادیان فشار و کوریولیس به وجود می‌آید. در این صورت آن را باد زمین‌گرد (ژئوستروفیک) گویند.

و زاویه‌ای که جریان باد خطوط هم‌فشار درست می‌کند در حدود ۲۵ درجه است.

### انواع بادهای جهانی

این بادهای در مقیاس زمین می‌وزند و عوامل مؤثر در ایجاد آنها به قرار زیر است:  
الف) اثر تابش خورشید یا اختلاف گرمای استوا یا سرمای قطب‌های زمین.

ب) اثر حرکت وضعی یا دورانی، حرکت وضعی

زمین.



جهت وزش بادهایی که در نیم‌کره شمالی به طرف استوا می‌آیند، از جانب شمال شرقی به جنوب غربی خواهد بود و بادهای نیم‌کره جنوبی که از قطب به طرف استوا می‌آیند، از ناحیه جنوب شرقی به شمال غربی به سمت استوا می‌وزند که به آنها «بادهای تجارتنی»

می‌گویند. تصویر ۱-۵- تصاویر حرکت بادهای جهانی در سطح و بالای زمین

بادهایی که در بالای جو به منظور بسته شدن حلقه یا مدار کلی، به طرف قطب برمی‌گردند، در نیم‌کره شمالی جهت شمال شرقی و در نیم‌کره جنوبی جهت جنوب شرقی می‌وزند که به آنها «کنترآلیزه» می‌گویند (تصویر ۱-۵).

### بادهای مقیاس پایین

۱- باد موسمی: به بادهایی که در فصول متضاد سال با جهات مخالف می‌وزند «بادهای موسمی» گفته می‌شود. این بادهای در زمستان، به صورت جریان سردی از خشکی به دریا و در تابستان به صورت جریان هوای مرطوب و گرمی از دریا به خشکی می‌وزند. در تابستان‌ها، قاره آسیا گرم می‌شود و از اقیانوس هند بادهایی، ضمن عبور از استوا، با جهت جنوب غربی به جهت آسیا کشیده می‌شوند و بادهای موسمی تابستانی در آسیا را به وجود می‌آورند.

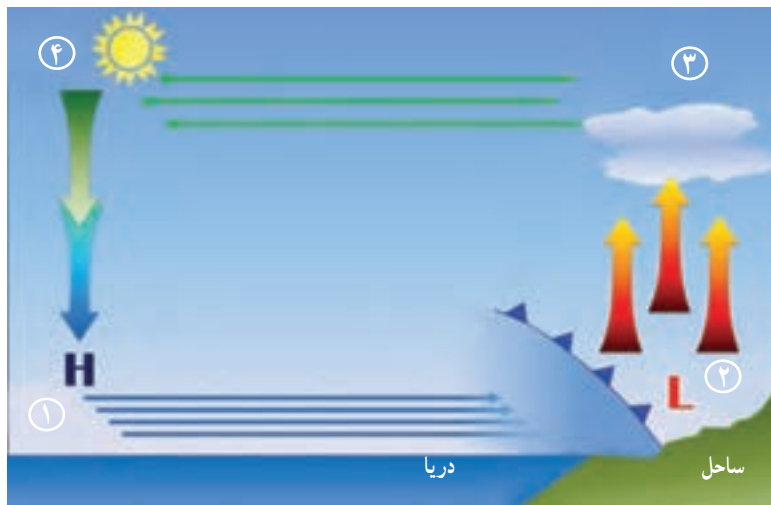
۲- نسیم دریا: اقیانوس توانایی عظیمی در جذب و ذخیره انرژی از خورشید دارد. شفافیت آب، به اشعه خورشیدی اجازه می‌دهد تا به عمق ۱۵۰ الی ۲۰۰ متری اقیانوس نفوذ کنند و در نتیجه؛ آب برای افزایش دمای خود مقدار زیادی از گرما را به خود جذب می‌کند.

دیگر اینکه باد باعث مخلوط کردن آب و جابه‌جایی دمای سطح آن به دیگر قسمت‌های آب





می‌شود. اشعه خورشیدی برخلاف اقیانوس به درون زمین نفوذ نمی‌کند و فقط در چند سانتی متری از سطح خاک محدود می‌شوند. در نتیجه گرما به درون اتمسفر بازتاب شده باعث گرم شدن هوای سطوح فوقانی سواحل می‌شود.



تصویر ۱۱-۵- مسیر حرکت هوا در نسیم دریا

- چرخه نسیم دریا شامل دو جریان مخالف است: یکی در سطح (نسیم دریا نامیده می‌شود) و دیگری در بالا (که یک جریان برگشت است)، به شرح زیر (تصویر ۱۱-۵):
- ۱- با گرم شدن هوا، از تراکم آن کم می‌شود و کم‌فشاری ضعیف به وجود می‌آورد.
  - ۲- در ارتفاع معادل ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح خشکی فشار و تراکم هوا در این سطح خیلی بیشتر از ارتفاع مشابه بر روی آب است که این سبب می‌شود هوا به سمت آب برگردد.
  - ۳- یک بار دیگر هوا بر روی آب سرد می‌شود و بر تراکم آن می‌افزاید و به سوی سطح زمین فرستاده می‌شود و فشاری که نزدیک به سطح دریا قرار دارد افزایش می‌یابد.
  - ۴- جریان هوای سطح زمین، نسیم دریا را به سمت جلو می‌راند و مراحل تکرار می‌شود. نسیم دریا عموماً در مناطق اقیانوسی شکل می‌گیرد، اما گاهی در طول ساحل آب‌های بزرگ، مانند دریاچه‌های بزرگ نیز اتفاق می‌افتد.
  - ۳- نسیم خشکی<sup>۱</sup>: نقطه مقابل نسیم دریا، نسیم خشکی است. در حالی که نسیم دریا در طول روز اتفاق می‌افتد، نسیم خشکی در شب رخ می‌دهد (تصویر ۱۲-۵).

۱- Land breeze

- ۱- شب‌ها، دمای هوا در خشکی از دمای دریا پایین‌تر می‌رود و در نتیجه تراکم هوا افزایش می‌یابد.
- ۲- کشش نیروی جاذبه زمین، هوا را به سوی پایین می‌کشاند و به طرف آب می‌راند.
- ۳- هوای متراکم بالا به زیر هوای سبک‌تر و گرم‌تر روی آب می‌رود و آن را به سوی بالا در جو می‌فرستد.



تصویر ۱۲-۵- مسیر حرکت هوا در نسیم خشکی

۴- زمانی که هوا به سمت زمین بر می‌گردد، ضمن سرد شدن، بر تراکم آن افزوده می‌گردد، سپس به سوی پایین کشیده می‌شود. به این ترتیب تراکم آن می‌افزاید و فشار آن نیز بالاتر می‌رود. هوای متراکم شده را از سواحل دور کرده و به سمت دریا رانده می‌شود. نکته دیگر اینکه نسیم بر روی خشکی از نسیم بر روی آب ضعیف‌تر است.

۴- باد فرارو<sup>۱</sup>: باد «فرارو» بادی است که ناشی از وزش هوا در روز از نقاط پست به ارتفاعات است. دامنه‌های کوه به واسطه نور خورشید گرم می‌شوند. در نتیجه هوای فوقانی، اطراف خود را گرم و منبسط و به صورت جریانی عمودی، صعود می‌کند و این چنین تولید باد فرارو می‌شود (تصویر ۱۳-۵).

۱- Anabatic wind



تصویر ۱۳-۵- مسیر حرکت باد فرارو را نشان می‌دهد.



۵- باد فرورو<sup>۱</sup>: باد «فرورو» (باد کاتاباتیک) در مقابل باد فرارو قرار دارد. زمانی که در شب دامنه کوه‌ها سرد می‌شوند، هوای فوقانی دامنه‌ها نیز سردتر از هوای فوقانی شده و در نتیجه هوای نزدیک به سطح زمین به سمت پایین سرازیر شده و باد فرورو را تشکیل می‌دهد (تصویر ۱۴-۵).

تصویر ۱۴-۵- مسیر حرکت باد فرورو را نشان می‌دهد.

### پژوهش

بررسی نمایید هنگامی که در نوار ساحلی رشته‌کوه داشته باشیم چه تأثیری بر بادهای محلی ایجاد می‌شود؟

۶- فون: گونه‌ای از باد است با دمای به نسبت گرم و خشک که در سمت بادپناه کوهستان، بیشتر از ارتفاعات به نقاط پایین دست نزول می‌کند و در طی این نزول دمایش افزایش می‌یابد (تصویر ۱۵-۵ نحوه تشکیل باد فون را در منجیل نشان می‌دهد).

هوای مرطوب با برخورد به ارتفاعات مجبور به صعود می‌شود و در طی فرایند صعود با افزایش ارتفاع، دمای هوا کاهش می‌یابد. هنگامی که دمای هوا در حال صعود به میزان معینی کاهش پیدا کرد، بخار آب موجود

۱- Katabatic wind

در هوا به صورت اشباع در می‌آید و به ابر، مه یا بارش تبدیل می‌شود و به این صورت از میزان رطوبت موجود در هوا کاسته می‌شود.



تصویر ۱۵-۵ نحوه تشکیل بادهای فون در منجیل را نشان می‌دهد.

هوایی که رطوبت خود را تا حدودی از دست داده، از خط‌الرأس عبور کرده و سپس از دامنه بادپناه کوهستان به ارتفاعات کمتر حرکت می‌کند و در طی این نزول دمایش افزایش می‌یابد. به دلیل نرخ‌های متفاوت نزول آدیاباتیک هوای خشک و مرطوب، دمای هوای خشک نزول‌کننده در دامنه بادپناه، بیشتر از دمای هوا در ارتفاع معادل در دامنه‌ای که هوای مرطوب از آن صعود کرده بیشتر است. با افزایش دمای هوا رطوبت نسبی کاهش می‌یابد و جریان هوا به صورت باد گرم و خشک و گاهی پرسرعت بروز می‌کند.

### فعالیت

معمولاً باد عامل مزاحمی برای جدا شدن کشتی‌ها از اسکله می‌باشد؛ با بررسی در زمان‌های شدت بادهای محلی نسیم دریا و نسیم خشکی یا زمانی این بادها به حداقل می‌رسد بیان نمایید که چه زمانی برای جدا شدن کشتی از اسکله مناسب می‌باشد.

### تأثیر باد بر امواج

چرخه زندگی یک موج از هنگامی شروع می‌شود که باد، بر هم کنش می‌کند با سطح آب، شروع به ایجاد اغتشاش می‌کند.

از اینجاست که موج متولد می‌شود و توسعه را آغاز می‌کند. رشد امواج و شروع حرکت‌شان با واداشت باد ادامه می‌یابد. سرانجام موج بیرون از منطقه اولیه واداشت باد، حرکت می‌کند و در سطح



آب منتشر می‌شود تا بر روی ساحل شکسته شود.  
به استثنای جزر و مد و سونامی، تقریباً تمامی امواج به وسیلهٔ وزش باد بر روی آب و برهم‌کنش با سطح آب به‌وجود می‌آیند (تصویر ۱۶-۵).



تصویر ۱۶-۵- مشخصات موج دریا نشان می‌دهد که در اثر باد تشکیل گردیده است.

بخش‌های اصلی یک موج، ارتفاع، طول و دورهٔ تناوب<sup>۱</sup> آن است. ارتفاع به معنای مسافت بین پشتهٔ موج تا ناههٔ موج است. طول موج یعنی مسافت بین دو ناهه یا پشتهٔ موج. دورهٔ تناوب موج دریا به معنای مدت زمانی ثابتی برای عبور طول یک موج آب از یک نقطه است (تصویر ۱۶-۵).

### رشد امواج

سه عامل اساسی برای رشد امواج وجود دارد :

۱- سرعت باد ۲- واکنشی ۳- مدت زمان

واکنشی : به معنای مسافتی که باد در روی سطح دریا با یک سرعت و سمت ثابت می‌وزد.

مدت زمان : یعنی زمان چقدر طول می‌کشد تا باد بر روی آب دریا تأثیر بگذارد تا موج پدید آید.

۱- دورهٔ تناوب به فاصلهٔ زمانی بین دو قلهٔ متوالی موج (یا بین هر دو نقطهٔ متناظر موج در دو تناوب متوالی) گفته می‌شود.

## خودآزمایی

- ۱- سرعت و جهت باد به چه نیروهایی بستگی دارد؟
- ۲- به چه دلیل با یک مقدار ثابت گرادیان فشار سرعت باد در تابستان بیشتر است؟
- ۳- اجزای تشکیل دهنده بادسنج را نام ببرید و کار هر کدام را توضیح دهید.
- ۴- نسیم دریا را با رسم شکل تشریح نمایید.
- ۵- نسیم دریا قوی تر است یا نسیم خشکی؟ علت را توضیح دهید.