

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# هواشناسی

رشته نوابری

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۹۵۹

ناخدا یکم عرشه جعفر تذکر، ناسروان سعید فرهادی پور .	۵۱۵/۵
هواشناسی / مؤلفان : ناخدا یکم عرشه جعفر تذکر، ناسروان سعید فرهادی پور .	هـ ۶۹۳ ت
– [ویرایش دوم] / بازسازی و تجدیدنظر : کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته نوابری .	۱۳۹۴
– تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴ .	
۷۸ ص. : مصور . – (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۹۵۹)	
متون درسی رشته نوابری، زمینه صنعت .	
۱. – الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشته نوابری.	
ب. عنوان. ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

## وزارت آموزش و پرورش

### سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : هواشناسی - ۴۶۸/۹

مؤلفان : ناخدا یکم عرشه جعفر تذکر، ناسروان سعید فرهادی‌پور

اعضای کمیسیون تخصصی : حمید یزدانی، جواد سقای سعیدی، فرهاد میریانی، حسن تاجر محمد قزوینی،

جواد داداش زاده

وبراستار فنی : مهرداد آل احمد

وبراستار ادبی : حسین داودی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۰۹۲۶۶-۸۸۳، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : سید احمد حسینی

صفحه‌آرا : آذر روستایی فیروزآباد

طراح جلد : طاهره حسن‌زاده

حروفچین : کبری اجابتی

مصحح : مریم محبی، الهام جعفرآبادی

امور آماده‌سازی خبر : زینت بهشتی شیرازی

امور فنی رایانه‌ای : فاطمه رئیسیان فیروزآباد، مریم دهقان زاده

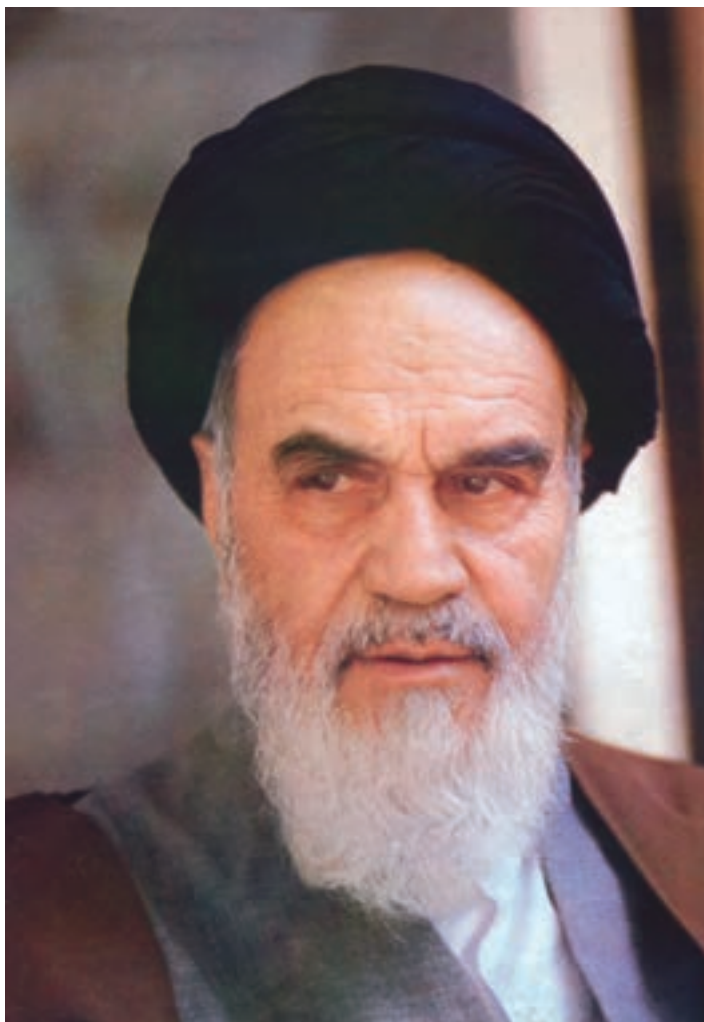
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۰۴۴۹۸۵۱۶، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



اسلام، طبیعت را مهار می کند برای واقعیت و همه را رو به  
وحدت و توحید می برد.

امام خمینی (ره) صحیفه نور، ج ۸، ص ۶



## فهرست

۱	جَو	۱
۹	فشار هوا	۲
۱۴	دما	۳
۲۲	رطوبت در جَو	۴
۳۱	باد	۵
۴۷	ابرها	۶
۵۷	بارش، دید و مه	۷
۶۴	توده‌های هوا و جبهه‌ها	۸
۷۱	هواشناسی خلیج فارس و دریای عمان	۹
۷۶	هواشناسی دریای خزر	۱۰

اینکه گفتید دریانوردی در کتاب‌های درسی بیاید، این هم کار بسیار خوبی است.  
بخشی از فرمایش فرماندهی معظم کل قوا در دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر (۱۳۹۲/۶/۲۹)

## مقدمه

در دنیای امروز، نقش دریاها و اقیانوس‌ها در توسعه زندگی و اقتصاد ملت‌ها بسیار مهم و حیاتی است. تجارت دریایی از دیرباز یکی از راه‌های کسب و درآمد بوده است، اما چگونگی حمل و نقل کالاهای تجاری با در نظر گرفتن وضعیت جوی، عامل مهمی در کسب سود بیشتر است.

سوانحی که در سال‌های اخیر اتفاق افتاده حاکی از آن است که درصد قابل توجهی از حوادث دریایی در شرایط نامساعد جوی رخ داده است. بنابراین آگاهی دریانوردان از وضعیت جوی و پیش‌بینی هوا برای دریانوردان امری ضروریست و چنانچه آنها قادر به پیش‌بینی صحیح هوا برای مدت طولانی باشند، برای عکس‌العمل در مقابل هوای بد نیز فرصت کافی خواهند داشت و می‌توانند ضمن کاهش این نوع سوانح، در ارتقای ایمنی دریانوردی به شایستگی کمک نمایند. هدف از تألیف کتاب حاضر، که اساساً به هنرآموزان رشته ناوبری اختصاص دارد آشنا نمودن خواننده با مفاهیم پایه نظری هواشناسی، اقلیم‌شناسی و نقش هواشناسی در فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و نظامی است.

به طور نمونه در ابتدای جنگ تحمیلی نیروی دریایی راهبردی و نیروی هوایی جمهوری اسلامی ایران توانست با پیش‌بینی صحیح وضعیت جوی در عملیات مروارید، ضمن بهره‌برداری و کسب برتری، نیروی دریایی عراق را شکست دهد و بیروز گردد. خواننده در این کتاب بدون اینکه به معادلات دینامیکی و ریاضیات پیشرفته ورود نماید، به مطالب مفیدی در خصوص دریانوردی دست خواهد یافت، از جمله: جو و اجزاء تشکیل دهنده آن، فشار هوا و تأثیر آن در جو، دما و فرایندهای انتقال انرژی گرمایی، رطوبت، منابع رطوبت و فرایند تبدیل رطوبت جو به ابر و مه، انواع ابر و مه از نظر نحوه تشکیل و طبقه‌بندی ابرها بر اساس ارتفاع از سطح دریا، بارش و انواع بارش، باد، نیروهای مؤثر بر حرکت باد و انواع بادهای، تعریف دید و عوامل مؤثر بر دید در دریا، توده‌های هوا و جبهه‌ها، وسایل اندازه‌گیری پدیده‌های جوی که در کشتی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، هواشناسی خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر.

# 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 کنترل‌کننده 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>» علمی‌ست که پدیده‌های جوّی و ویژگی‌های هوا در نزدیکی سطح زمین را برای شرایط مختلف بررسی می‌کند. به بیان دیگر، هواشناسی علمی‌ست 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 تعیین‌کننده وضع هوا و اقلیم‌اند، برپایه اندازه‌گیری‌ها و دیده‌بانی‌ها متکی‌ست. 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 به‌وسیله 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 هواشناختی 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 علمی‌ست که ویژگی‌ها و پدیده‌های هواشناختی 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 محلی‌ست 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 مرحله اول لازم است کلیه 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 شده بین‌المللی<sup>۲</sup> تکیه کنند و کلیه ایستگاه‌های هواشناسی موظف‌اند گزارش خود را، رأس ساعت معینی تهیه و ارسال نمایند.

برای محاسبه 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 تهیه پدیده‌های جوّی و ارسال آنها در شبکه 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 شده وضعیت جوّی بر روی آن رسم می‌گردد. این عوامل رسم شده عبارت‌اند از درجه

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

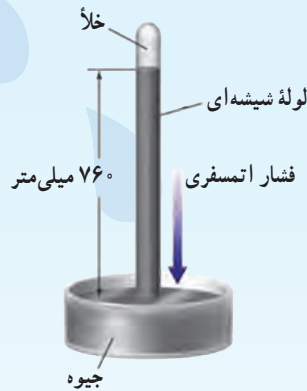
- ۱- انواع ایستگاه‌های هواشناسی را نام ببرید و هر یک را به اختصار توضیح دهید.
- ۲- نقش هواشناسی را در برخی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی شرح دهید.
- ۳- گازهای عمده تشکیل دهنده جو را نام ببرید.
- ۴- خصوصیات تروپوسفر را شرح دهید.

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.

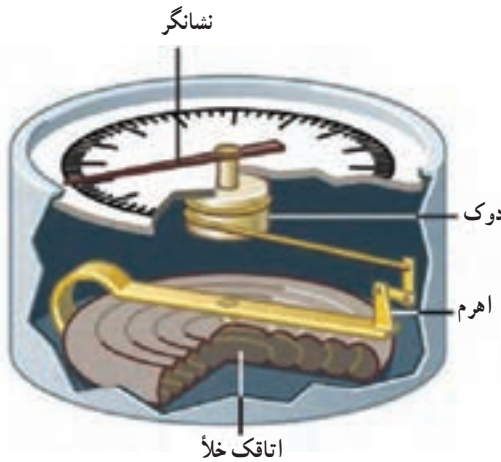


تصویر ۱-۲

## 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

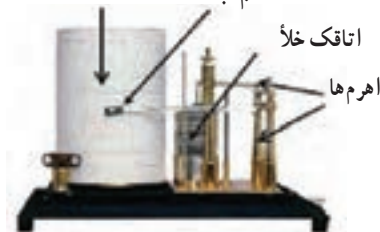
۲) فشارنگار<sup>۱</sup>: فشارنگار علاوه بر اندازه‌گیری فشار هوا، تغییرات فشار هوا را ثبت می‌نماید و از آن برای گزارش‌های هواشناسی و پیش‌بینی وضع هوا استفاده می‌شود. دستگاه فشارنگار همانند سایر ثبت‌ها، از جمله دمانگار و رطوبت‌نگار، از سه قسمت اصلی تشکیل گردیده است:

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.

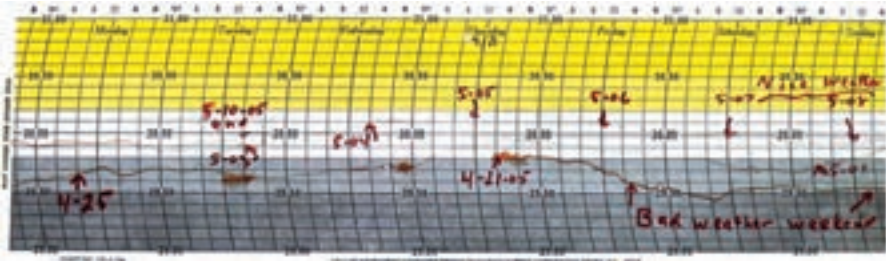
۳- استوانه ثبتات که شامل ساعت و نقشه مندرج مخصوص ثبت فشار هواست.

قلم ثبتات استوانه ثبتات محل قرار گرفتن نقشه مدرج



تصویر ۴-۲- اجزای تشکیل دهنده فشارنگار

<sup>۱</sup> - Barograph



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 نقطهٔ اوج (حداکثر) و دو نقطهٔ حضيض (حداقل) دارد حداکثر فشار در ساعات‌های ۱۰۰۰ و ۲۲۰۰ اتفاق می‌افتد و کم‌فشارترین مربوط به ساعات‌های ۱۶۰۰ و ۰۴۰۰ است و به یکی از عوامل زیر مربوط می‌شود:

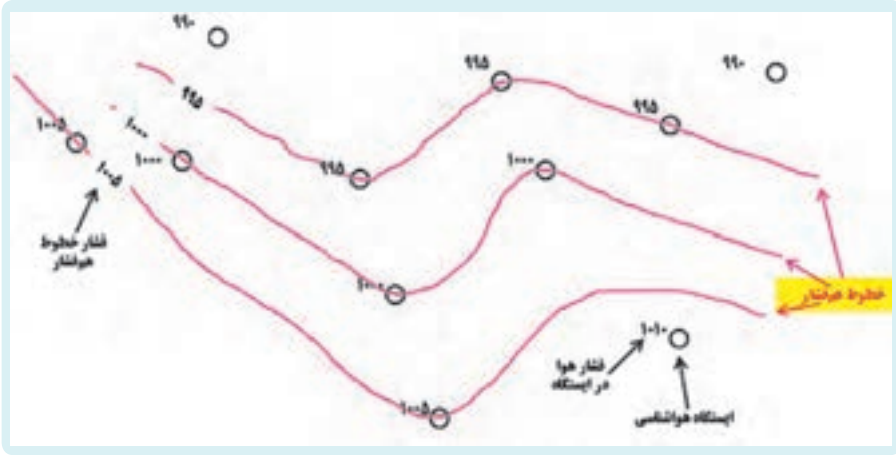
۳- عوامل جزر و مدّی

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 نقشهٔ سطح متوسط دریا ترسیم می‌گردد. با رسم نمودن اطلاعات جوّی در روی نقشهٔ 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).



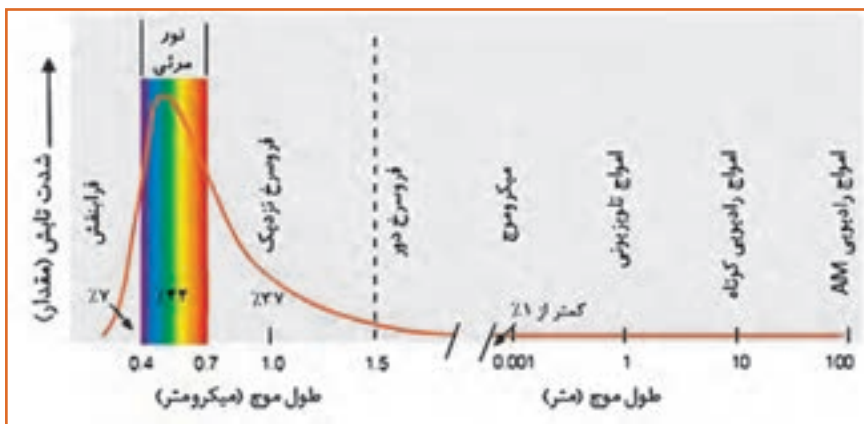
تصویر ۱-۳- توزیع انرژی تابشی خورشید را در زمین و جو نشان می دهد.

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.



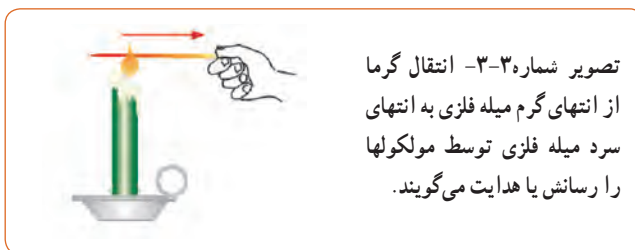
## فرآیندهای انتقال انرژی گرمایی

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؛

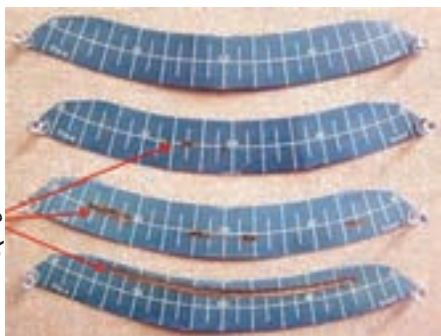
ب) شدت تابش خورشید.

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، پیر 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

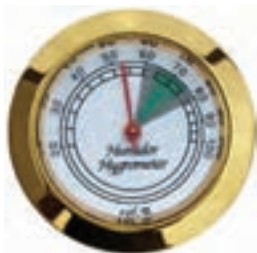
۲- Relative humidity (RH)

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 مویینگی 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:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \text{ } ^{\circ}\text{C} + 32 \Rightarrow ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \times 10/5 + 32 = 51^{\circ}\text{F}$$



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 سطح تر 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	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵	۴۴
۵۵/۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۶	۴۵
۵۶/۰	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۵
۵۶/۵	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶	۴۵
۵۷/۰	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶
۵۷/۵	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷	۴۷	۴۶
۵۸/۰	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸	۴۸	۴۷
۵۸/۵	۵۸	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸
۵۹/۰	۵۹	۵۸	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹	۴۹	۴۸
۵۹/۵	۵۹	۵۹	۵۹	۵۸	۵۸	۵۸	۵۷	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵	۵۵	۵۴	۵۴	۵۳	۵۳	۵۲	۵۲	۵۱	۵۱	۵۰	۴۹

## 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 مانندیست که در هنگام وزش باد در راستای جهت وزش باد قرار می‌گیرد (تصویر ۳-۵). بادها 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

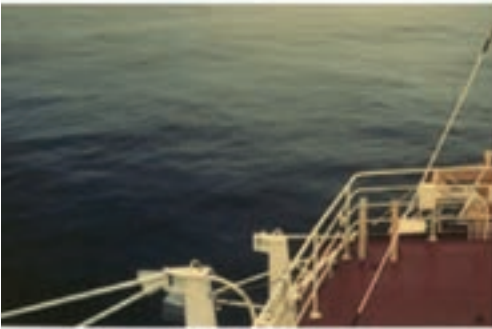


## جدول ۲-۵- بوفورت

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 باد 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 تپه بالای امواج به درون کف‌ها نواخته می‌شود. دیده کاهش می‌یابد.
۱۲	≥ ۶۴		طوفان خیلی شدید		هوا بر از ترسحات امواج است. دریا پوسیده ترسحات برتاب تنده 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



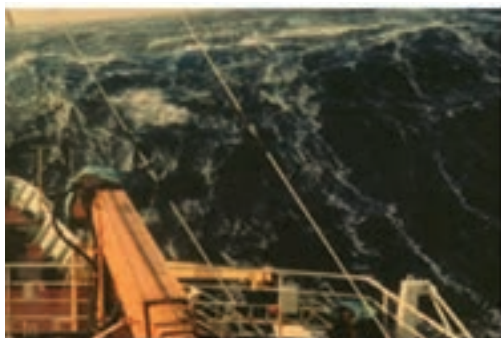
قدرت دریا ۶  
سرعت باد ۲۱-۲۶ گره دریایی



قدرت دریا ۷  
سرعت باد ۲۷-۳۳ گره دریایی



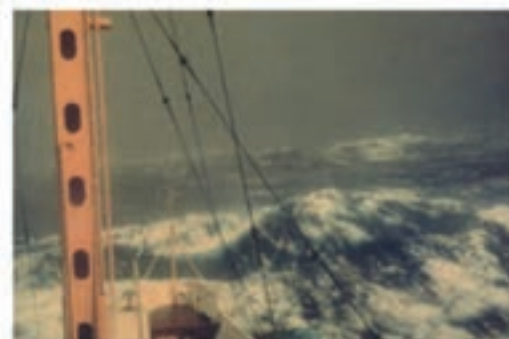
قدرت دریا ۸  
سرعت باد ۳۴-۴۰ گره دریایی



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



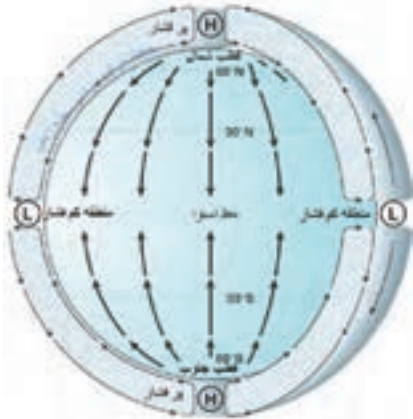
قدرت دریا ۱۲  
سرعت باد بیش از ۶۴ گره دریایی

### 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

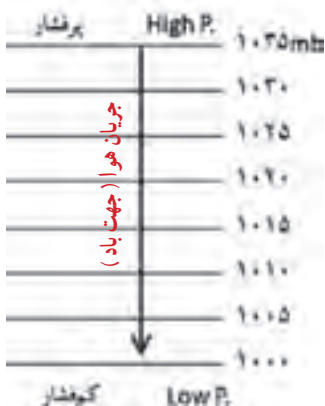


تصویر ۵-۷- جهت حرکت هوا، اگر زمین نمی‌چرخید و اصطکاک وجود نداشت.

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 ۲/۳ 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 ۱/۳ تا ۲/۳ 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 سانتی‌متری 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 به‌واسطه 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 فرارو<sup>۱</sup>: باد «فرارو» (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 فرارو را تشکیل می‌دهد (تصویر ۱۴-۵).

تصویر ۱۴-۵- مسیر حرکت باد فرارو 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.

## ابرها

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

- ۱- انواع ابرها را شناسایی کند.
- ۲- علت پیدایش ابرها را توضیح دهد.
- ۳- خصوصیات ابرها را توضیح دهد.
- ۴- با مشاهده ابرها بتواند وضعیت جوّی را پیش بینی کند.
- ۵- انواع ابرها را از نظر طبقه بندی ارتفاع، توضیح دهد.



تصویر ۱- ۶

## مقدمه

خداوند با صراحت در سورهٔ حجر (آیهٔ ۲۲) نقش باد را در آستان کردن ابرها بیان می‌کند و به دنبال آن از نزول باران خبر می‌دهد. یعنی همان مسائل دقیقی که پس از پیشرفت‌های علمی فراوان، تازه برای انسان‌ها کشف گردیده است.

ابرها حاصل واکنش‌های فیزیکی جوّند و از ترکیب قطرات آب و کریستال‌های یخ تشکیل می‌شوند. نوع ابر مستقیماً به حالت اشباع در جو بستگی دارد. اطلاع از نوع و مقدار ابرها به هواشناسان کمک بسیار مهمی می‌کند، به طوری که هواشناس با تجزیه و تحلیل آنها می‌تواند وضعیت ابرها را پیش‌بینی نماید. به طور کلی، هواشناسان ابرها را از نظر نوع به دو دستهٔ اصلی (جوششی و پوششی) و از نظر ارتفاع (از سطح دریا) به سه دسته (پایین، متوسط و بالا) تقسیم نموده‌اند.

## انواع ابرها

اولین شرط تشکیل ابر، سرد شدن هوای اشباع از بخار در درجهٔ پایین‌تر از نقطهٔ شبنم است. شرط دوم وجود هسته‌های تراکم به میزان کافی در فضا است که نتیجهٔ آن تراکم بخار آب و تشکیل ابر است. هسته‌های تراکم نقش مهمی در تشکیل ابر ایفا می‌کنند و اصولاً عناصری مانند گرد و غبار، دوده، خاکسترهای آتش‌فشانی و ذرات نمک دریا هسته‌های تراکم را تشکیل می‌دهند.

ابرها از نظر نوع و طرز تشکیل، به دو دستهٔ اصلی تقسیم می‌شوند:



ابر جوششی

۱- ابرهای جوششی (کومولی فرم): این ابرها، همان طوری که از شکل‌شان پیداست، ابرهایی هستند که فاصلهٔ میان سطح فوقانی و تحتانی آنها زیاد است و در اثر جریان‌های بالارونده هوا به وجود می‌آیند.



ابر پوششی

۲- ابرهای پوششی (استراتی فرم): این ابرها از اختلاف حرارت و رطوبت بین دو تودهٔ بسیار عظیم هوا به وجود می‌آیند، این ابرها ورقه‌ای یا لایه‌ای به شکل افقی هستند. از این جهت است که به آنها پوششی می‌گویند. ابرها از نظر ارتفاع از سطح دریا به سه دسته تقسیم شده‌اند (پایین، متوسط و بالا).

تصویر ۲-۶- ابر جوششی و پوششی



تصویر ۳-۶- طبقه‌بندی ابرها از نظر ارتفاع و شکل ظاهری آنها

جدول ۱-۶- طبقه‌بندی ابرها از نظر ارتفاع کف ابر تا سطح دریای آزاد در عرض‌های مختلف کره زمین

ارتفاع	نام ابر	علامت اختصاری	ارتفاع کف ابر در عرض‌های جغرافیایی (از سطح دریا به کیلومتر)		
			عرض‌های بالا	عرض‌های میانی	حاره‌ای
بالا	سیروس	Ci	بیش از ۳	بیش از ۵	بیش از ۶
	سیرواستراتوس	Cs			
	سیروکومولوس	Cc			
متوسط	آلتواستراس	As	۲-۴	۲-۷	۲-۷,۵
	آلتوکومولوس	Ac			
پایین	استراتوس	St	کمتر از ۲	کمتر از ۲	کمتر از ۲
	استراتوکومولوس	Sc			
	نیمواستراتوس	Ns			
	کومولوس	Cu			
	نیموکومولوس	Cb			

## افتاهنگ ابر دررو

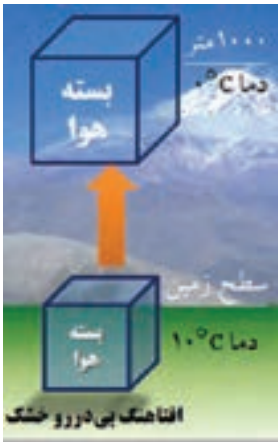
آهنگ کاهش دما را با ارتفاع «افتاهنگ» می‌گویند. اگر مقدار بخار آب موجود در جوّ به طریقی افزایش یابد، زمانی فرا می‌رسد که دیگر جوّ نمی‌تواند رطوبت جذب کند و بخار آب اضافه برگجایش رطوبتی هوا، به صورت قطرات آب درمی‌آید. در این حالت رطوبت هوا به ظرفیت نهایی خود رسیده است؛ یعنی هوا اشباع شده است.

## بیشتر بدانید

هرگاه یک متر مکعب هوا را  $5400^{\circ}$  متر بالا ببریم، در اثر کاهش فشار، حجم آن به دو متر مکعب می‌رسد.

اشباع از طریق افزایش رطوبت زمانی رخ می‌دهد که هوای سرد و خشک از روی دریای گرم عبور کند و بخار آب، از طریق تبخیر، به لایه‌های پایین توده وارد شود. وقتی که توده هوا به طبقات بالای جوّ صعود می‌کند، وزن یا فشار وارد بر آن به تدریج کاهش می‌یابد. نتیجه این کاهش فشار، انبساط توده هواست.

همچنین صعود توده هوا، دمای توده هوا را پایین می‌آورد. البته توده هوا، به هنگام صعود، هیچ‌گونه انرژی‌ای را با هوای محیط مجاور خود مبادله نمی‌کند. کاهش دما را در توده هوا در حال صعود بدون تبادل انرژی با محیط مجاور، «افتاهنگ بی‌دررو» می‌نامند. اگر یک بسته هوای خشک  $1000$  متر صعود نماید،  $10^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد دمای آن کاهش می‌یابد که به افتاهنگ بی‌دررو خشک<sup>۲</sup> (تصویر ۴-۶) موسوم است.



تصویر ۴-۶

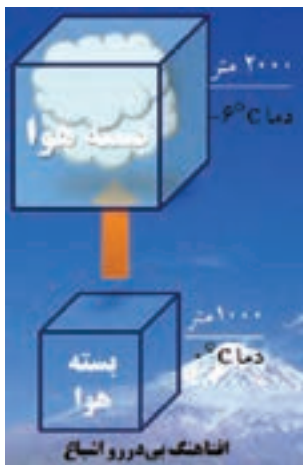
در طول فرایند صعود، زمانی می‌رسد که رطوبت موجود در توده هوا با حداکثر گنجایش رطوبتی آن معادل می‌شود؛ یعنی در آن لحظه، توده هوا اشباع می‌گردد.

سطحی را که هوا در آن به اشباع رسیده است، سطح اشباع نامیده‌اند. در حالت اشباع، رطوبت موجود در هوا به صورت بخار آب است.

۱ - Lapse rate

۲ - Dry Adiabatic lapse rate (DALR)





تصویر ۵-۶

اگر صعود هوا به بیش از سطح اشباع ادامه یابد، گنجایش رطوبت هوا کم می‌شود و رطوبت موجود در آن بیش از گنجایش رطوبت هوا خواهد شد؛ در نتیجه، رطوبت اضافی، که دیگر نمی‌تواند به حالت بخار آب باقی بماند، تغییر حالت می‌دهد و به صورت مایع درمی‌آید.

فرایند تغییر حالت بخار به آب را «تراکم» می‌نامیم. افتاهنگ بی‌دررو اشباع، کمتر از هوای خشک است و مقدار آن را که به حدود ۶ درجهٔ سانتی‌گراد در هر ۱۰۰۰ متر صعود بالغ می‌شود، «افتاهنگ بی‌دررو اشباع<sup>۱</sup>» می‌نامند (تصویر ۵-۶).

بهترین راه تشخیص پایداری و ناپایداری هوا، مقایسهٔ افتاهنگ محیطی<sup>۲</sup> و افتاهنگ بی‌دررو در محل مورد نظر است.

### شرایط پایداری و ناپایداری در توده های هوا

- ۱- هر زمان افتاهنگ محیط از افتاهنگ بی‌دررو کمتر باشد هوا پایدار است.
- ۲- هرگاه افتاهنگ محیط بیشتر از افتاهنگ بی‌دررو باشد هوا ناپایدار است.

### فرایندهای تشکیل ابر

تشکیل ابرها عموماً ناشی از اوج‌گیری، انبساط و سرد شدن هواست که تحت تأثیر یک یا ترکیبی از فرایندهای زیر حاصل می‌گردد:

- ۱- گرم شدن سطحی هوا و صعود هوا در اثر پدیدهٔ همرفت؛
- ۲- حرکت قائم و رو به بالای هوا در اثر برخورد توده‌های هوا به کوه‌ها و تپه‌ها؛
- ۳- همگرایی توده‌های هوا و صعود آنها در اثر ایجاد؛
- ۴- صعود هوا در امتداد جبهه‌ها.

در تصویر ۶-۶، انواع روش‌های تشکیل ابرها نشان داده شده است. در مناطق دریایی فعالیت‌های همرفتی و همگرایی از مهم‌ترین روش‌های تولید باران است.

۱- Saturation Adiabatic Lapse Rate (SALR)

۲- Environmental lapse rate (ELR)



تصویر ۶-۶ - تشکیل ابر به روش همرفت و هم‌گرایی

به نظر می‌رسد که در ایران صعود هوا در امتداد کوه‌ها در تولید بارش نقش اول را داشته باشد (تصویر ۶-۷). گرچه فعالیت‌های همگرایی در مناطق کویری زیاد است، اما به‌علت خشک بودن هوای صعود یافته امکان تولید بارش میسر نمی‌شود.



تصویر ۶-۷ - تشکیل ابر به روش کوه‌نگاری

توده‌های هوا، که از مسیرهای مختلف وارد کشور می‌شوند، خواص فیزیکی (دما، رطوبت و چگالی) متفاوتی دارند و برخورد آنها با یکدیگر نقش مهمی در تولید بارش دارد. در زمستان افزون بر صعود کوه‌نگاری (تصویر ۶-۷)، برخورد توده‌های مرطوب و ملایم مدیترانه‌ای و گرمسیری جنوبی که از ناحیه جنوب و جنوب غرب وارد کشور می‌شود منشأ بارندگی زیادی در مناطق جنوبی، مرکزی و غربی کشور شده است. افزون بر این، برخورد هوای گرم جنوبی با هوای سرد نفوذ یافته از طرف مناطق جنوبی اروپا و نیز سیبری، می‌تواند در فرایند تولید بارش (از نوع جبهه‌ای در مناطق شمال غربی و شمال شرقی و حتی مرکزی کشور) نقش مؤثری داشته باشد (تصویر ۶-۸).



تصویر ۶-۸ - تشکیل ابر به روش جبهه‌ها



### مشخصات عمومی ابرها ( تصاویر ابرها در صفحات ۵۵ و ۵۶ آمده است )

ارتفاع بالا	ارتفاع متوسط
<p>سیروس (Ci)</p> <p>از کریستال‌های یخ تشکیل می‌شوند و به تارهای مو شباهت دارند. رشته‌ها در جهت وزش باد قرار می‌گیرند و ممکن است به ابر، شکلی شبیه قلاب یا حتی هیبتی پیچیده‌تر بدهند که نشانی از آشفستگی است.</p>	
<p>سیرواستراتوس (Cs)</p> <p>ابری است که از ضخیم شدن ابرهای سیروس به وجود می‌آید و نور خورشید در حین عبور کردن از آن شکسته می‌شود و در نتیجه هاله‌ای اطراف خورشید و ماه به وجود می‌آورد، علامت بارندگی در ۸ تا ۲۴ ساعت آینده است.</p>	
<p>سیروکومولوس (Cc)</p> <p>ابری جوششی است و علامت مشخصه آن، قطعات کوچک پراکنده به شکل پنبه است. ذرات تشکیل دهنده آن از بلورهای یخ است. معمولاً خیلی پایدار نیستند و ممکن است به شکل سیرواستراتوس تغییر شکل دهند.</p>	
	<p>آلتواستراس (As)</p> <p>از ضخیم شدن ابرهای سیرو استراتوس به وجود می‌آید و اغلب سراسر آسمان را می‌پوشاند. به شکل لایه خاکستری یکنواخت در لایه‌های میانی جو تشکیل می‌شود و تابش نور خورشید را محدود می‌کند اما اغلب خورشید در آسمان قابل رؤیت است. این ابرها به صورت لایه‌های یکنواخت و متحدالشکل به صورت ترکیبی از الیف، آسمان را می‌پوشانند. اگر تمام آسمان را بپوشاند ظهور یک جبهه گرم را نشان می‌دهد و پس از چند ساعت، بارندگی، اعم از باران یا برف، شروع می‌شود.</p>
	<p>آلتوکومولوس (Ac)</p> <p>این ابرها از قطعات نسبتاً ضخیم، که به رنگ سفید یا سفید مایل به خاکستری است، تشکیل گردیده‌اند. هیچ‌گاه سراسر آسمان را نمی‌پوشانند و در تمام فصول هستند. نوعی از این ابرها شبیه به بادام است و گاهی شباهت به عدس پیدا می‌کند که بیشتر در روی قله کوه‌ها دیده می‌شوند و معرف وجود بادهای شدیدند. در ناحیه‌ای که این نوع ابرها وجود دارد احتمال اغتشاشات جوی نسبتاً شدید می‌رود. نوع دیگری از این ابرها از نظر شکل ظاهری شبیه به ابر کومولوس کوچک‌اند با این تفاوت که کمی طولانی‌تر است و سطح فوقانی آن برجستگی مخروطی شکل دارد و پیدایش این ابر، نشانه ناپایداری شدید است و پس از چند ساعت احتمال پیدایش رعد و برق یا طوفان شدید در آن ناحیه می‌رود.</p>

## مشخصات عمومی ابرها (تصاویر ابرها در صفحات ۵۵ و ۵۶ آمده است)

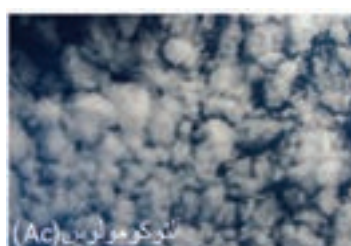
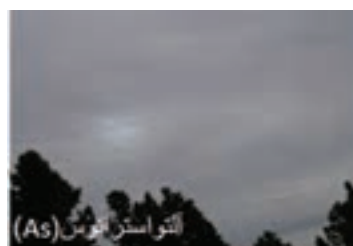
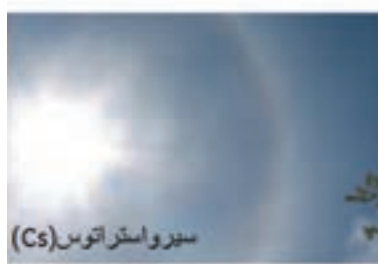
ارتفاع پایین	استراتوس (St)
	استراتوکومولوس (Sc)
	نیمواستراتوس (Ns)
	کومولوس (Cu)
	نیموکومولوس (Nc)

## خودآزمایی

- ۱- روش‌های مختلف تشکیل ابر را نام ببرید.
- ۲- هنگامی که یک توده هوا در امتداد دامنه کوه، صعود همراه با بارش داشته باشد، نقطه شبنم این توده هوا چه تغییری می‌کند؟
- ۳- تغییرات رطوبت نسبی و نقطه شبنم در هنگام ریزش هوا در طرف دیگر کوه چگونه است؟
- ۴- چرا ابرهای گروه سیروس ایجاد بارندگی نمی‌نمایند؟
- ۵- رگبار و تگرگ از بارش کدام ابر به وجود می‌آید؟



## تصاویر ابرها



تصاویر ابرها



استراتوس (S)



استراتوکومولوس (Sc)



کومولوس (Cu)



کومولونیمبوس (Cb)



کومولوس (Cu)



کومولونیمبوس (Cb)



استراتوس (S)



استراتوکومولوس (Sc)



نیمبو استراتوس (Ns)

## بارش، دید و مه

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

- ۱- بارندگی را توضیح دهد.
- ۲- انواع نزولات آسمان از ابرها را توضیح دهد.
- ۳- وسایل اندازه گیری بارش های ابر را نام ببرد.
- ۴- دید را توضیح دهد.
- ۵- تأثیرات پدیده های جوّی و اثرات آن بر دید را توضیح دهد.

## مقدمه

به تمام شکل‌های مایع یا جامد آب، که به صورت قطرات یا خرده‌های بلوری از جوّ زمین سرچشمه می‌گیرد و به سطح زمین می‌رسد «بارش» می‌گویند. بارش، مایه اصلی حیات بر روی کره زمین است و هر قطره باران یا تکه برفی که بر روی زمین می‌افتد، نویدگر حیات و سرسبزی است. فرایند تشکیل بارش یکی از اسرار زیبایی جهان خلقت است که با وجود پژوهش‌های فراوان، تنها گوشه‌ای از رمز و رازهای آن هویدا شده است. ممکن است این پرسش مطرح شود که چرا بعضی از ابرها تولید باران می‌کنند و بعضی دیگر قادر به بارش نیستند. افزون بر این، این پرسش به ذهن می‌آید که چگونه ذرات آب در ابرها به اندازه کافی رشد می‌کنند تا بارش صورت گیرد.

## بارش

بنا بر تعریف، به هرگونه رطوبت متراکمی که از ابر به سطح زمین فرو می‌ریزد، «بارش» می‌گویند. برای بارش ابتدا باید تراکم صورت گیرد و برای تشکیل قطرات باران به هسته تراکم و برودت کافی نیاز است. وقتی قطرات آب به حد کافی بزرگ شدند، به طوری که به نیروی شناوری و بالا دهنده قطرات آب غلبه کنند و فرود آیند، بارندگی صورت می‌گیرد.

## انواع بارش

۱- باران: باران آشناترین فرم بارندگی است و ابرها منبع باران‌اند، هر چند تمام ابرها باران‌زا نیستند. باران از تراکم قطرات آب در ابرها و بزرگ شدن این قطرات به اندازه بیشتر از  $0.5$  میلی‌متر به وجود می‌آید. باران با قطر بسیار ریز (با قطر کمتر از  $0.5$  میلی‌متر) را باران ریزه می‌نامند. باران ریزه از لایه متراکم و نسبتاً پیوسته ابر استراتوس ریزش می‌کند.

۲- برف: برف ریزش جوّی است که از کریستال‌های یخی تشکیل شده است. وقتی در هوای صعود کننده‌ای که دما به زیر نقطه انجماد رسیده است تراکم صورت گیرد؛ به جای قطرات باران، بلورهای شش گوش برف تشکیل می‌شوند. با هم ادغام شدن کریستال‌های برف، که معمولاً در دمای بالاتر از  $-5$  درجه سانتی‌گراد روی می‌دهد، برف تکه‌ای تشکیل می‌شود و با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون به زمین فرود می‌آیند.

۳- برفابه: برفابه یا باران یخ‌زده را می‌توان قطرات منجمد باران دانست و اگر قطرات آبی که از ابر به پایین نزول می‌کنند با لایه‌ای از هوا مواجه شوند که دمای آن در حد انجماد است به حبه‌های





کوچک و سرد یخ تبدیل می‌گردند. همچنین باران یخ‌زده ممکن است از یخ زدن برف ذوب شده‌ای که از هوای سرد نزدیک زمین می‌گذرد تشکیل شود.

۴- **تگرگ**: تگرگ<sup>۱</sup> نوعی ریزش جویست که از گلوله‌های کوچک یا تکه‌های یخی تشکیل شده است. قطر تگرگ بلورین بین ۵ الی ۵۰ میلی‌متر و گاهی بیشتر است. ذرات کوچک‌تر که منشأ مشابهی دارند به گلوله‌های کوچک یخی موسوم‌اند. ابرهای کومولونیمبوس برای تشکیل تگرگ مناسب است. این ابرها توسط جریان‌های شدید روبه بالا، مقدار آب زیاد، اندازه بزرگ قطرات ابر و ضخامت عمودی زیاد مشخص می‌شوند. بنابراین، تگرگ بیشتر همراه با طوفان و رعد و برق است.



تصویر ۱-۷- باران‌سنج

### اندازه‌گیری بارش

باران‌سنج دستگاهی با ساختمان ساده است که براساس استاندارد هر کشوری قطر دهانه مشخصی را مورد استفاده قرار می‌دهند و نزولات جوی پس از ورود از سطح دهانه وارد مخزن می‌گردد که در ساعات مشخص، خوانده و اندازه‌گیری می‌گردد (تصویر ۱-۷).

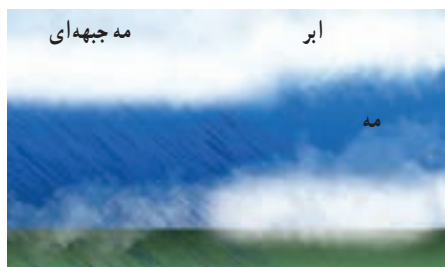
### مه

مه ابریست که در مجاورت سطح زمین تشکیل شده باشد. مه به دوروش تشکیل می‌گردد:

۱- **مه تبخیری**: نوعی از مه را گویند که بر اثر افزایش رطوبت به توده هوا پدید می‌آید و مهم‌ترین آن عبارت است از:

**مه جبهه‌ای**: در جبهه‌های هوا، ممکن است قطرات باران، ضمن سقوط، وارد هوای خشک زیرین شوند و پس از تبخیر ایجاد مه کنند

(تصویر ۲-۷). تصویر ۲-۷- تشکیل بر اثر ورود قطره‌های باران به هوای خشک زیرین



مه جبهه‌ای

ابر

مه

۲- مه تبریدی: انواع این مه از سرد شدن توده هوای گرم و مرطوب حاصل می‌شوند که مهم‌ترین آنها به شرح زیرند:

**الف) مه تابشی:** در نواحی پوشیده از برف در شب‌های صاف و آرام، درست در شرایطی که لایه وارونگی دمایی ایجاد می‌شود، بر اثر کاهش دمای سطح زمین، دمای هوای بالای آن تا دمای نقطه شبنم پایین می‌آید و شروع به تراکم می‌کند (مانند ایجاد شبنم روی برگ) (تصویر ۳-۷).



تصویر ۳-۷- در اثر تشعشع، زمین سرد می‌شود و مه تابشی تشکیل می‌گردد.

**ب) مه وزشی:** موقعی که توده هوا و مرطوب به منطقه سرد می‌رسد، هوای قسمت‌های زیرین اشباع می‌شود و مه ایجاد می‌کند. این مه بیشتر در هنگام زمستان و در سواحل شرقی اقیانوس‌ها تشکیل می‌شود.

**پ) مه کوهستان:** در دو حالت، وقتی توده هوایی به دلایلی از دامنه کوه صعود می‌کند، این گونه مه به وجود می‌آید. همچنین اگر توده هوای پایداری از کوه صعود کند، به علت پایداری، فقط در لایه زیرین آن که با بالای کوه تماس دارد به نقطه اشباع و تراکم می‌رسد و مه به وجود می‌آورد. این نوع مه نشان پایداری است (تصویر ۴-۷).



تصویر ۴-۷- نحوه تشکیل مه کوهستان



ت) مه آمیخته: در بعضی موارد، نظیر آنچه در جبهه‌های سرد رخ می‌دهد، هوای سرد و گرم مخلوط می‌شوند و دمای نقطه شبنم را پایین می‌آورند که خود به تشکیل مه می‌انجامد. نمونه بسیار آشکار این نوع مه، تراکم هوای بازدم انسان در هوای سرد محیط به هنگام زمستان است.

## دید

اغلب اتفاق می‌افتد که در دریاوردی‌ها اشیائی را که در فاصله نسبتاً دوری از ما قرار دارند نمی‌توانیم در روز به خوبی مشاهده کنیم یا ممکن است در شب چراغ‌هایی که با ما فاصله دارند به خوبی دیده نشوند. علت این موضوع این است که ذرات موجود در هوا مانع دیدن آنها می‌گردد. این ذرات ممکن است پدیده‌های آبدار مانند مه، دمه، باران و برف یا پدیده‌های خاک‌دار مانند گرد و خاک و دود باشند.

«دید» در هواشناسی بنا بر تعریف، عبارت است از حداکثر فاصله‌ای که یک جسم با اندازه مشخص به وسیله یک دیده‌بان با چشم‌های معمولی در امتداد افق می‌بینید و تشخیص می‌دهید. برای سهولت گزارش دید در هواشناسی نحوه گزارش در شب و روز یکسان انتخاب شده است. برای به‌دست آوردن اندازه دید در دریا بدون تجهیزات هواشناسی؛ به محض دیدن کشتی‌ها، شناورها، سکوها، نفتی، بویه‌ها، سواحل و جزایر با چشم غیر مسلح، فاصله آنها را با استفاده از رادار یا از روی نقشه (تاشیء یا عوارض طبیعی) به‌دست می‌آوریم و این فاصله، اندازه دید ما در دریاست.

## عوامل مؤثر بر دید

ذرات ریز موجود در جو موجب می‌گردند که نور تابش شده از اشیاء، به این ذرات برخورد کند و به چشم ناظر نرسد. هر چه غلظت این ذرات بیشتر شود مقدار دید کمتر خواهد شد. مهم‌ترین عواملی که موجب کاهش دید می‌شوند عبارت‌اند از:

۱	بارندگی	۴	گرد و خاک و شن
۲	مه و دمه	۵	نمک
۳	پاش‌نم‌دریا	۶	دود

۱- مه<sup>۱</sup>: مه در تقلیل دید افقی بسیار تأثیر دارد، اما همه رنگ‌های مرئی به یک اندازه تحت تأثیر مه قرار نمی‌گیرند. تمام شرایط فیزیکی ایجاد کننده مه ممکن است گاهی دمه ایجاد کند. هنگامی که قطرات آب در هوا دید را به کمتر از یک کیلومتر تقلیل دهد این پدیده را «مه» می‌گویند.

۲- دمه<sup>۲</sup>: علت تقلیل دید در این پدیده وجود ذرات ریز آب معلق در هواست. رطوبت نسبی در این پدیده بیشتر از ۸۰ و کمتر از ۹۰ درصد و میزان دید افقی نیز بیش از یک کیلومتر است.

۳- بارندگی: بارندگی رطوبت قابل رؤیت است که در جو به اشکال گوناگون به سطح زمین ریزش می‌نماید و موجب کاهش دید می‌شود. میزان کاهش دید در زمان بارش باران به اندازه قطرات باران و تعداد آنها در حجم معینی از هوا بستگی دارد. باران‌های ملایم روی دید تأثیر کمی دارند اما باران‌های با شدت متوسط معمولاً دید را به ۳ تا ۱۰ کیلومتر تقلیل می‌دهند و در باران‌های شدید ممکن است «دید» به ۵۰ تا ۵۰۰ متر هم کاهش یابد.

۴- پاش نم دریا<sup>۳</sup>: زمانی که سرعت باد بر روی دریا افزایش می‌یابد قله امواج بلندتر می‌شود و سرانجام زمانی که موج می‌شکند مقداری آب به هوا پاشیده می‌شود. باد قوی تر ضمن شدیدتر کردن برخورد امواج، کف ایجاد می‌کند و شکسته شدن این کف‌ها سبب پاشیدن ذرات آب در هوا می‌شود. هنگامی که سرعت باد به ۴۱ گره می‌رسد پاش (پاشیدن) نم در جو افزایش می‌یابد و همین روی «دید» تأثیر می‌گذارد.

### بیشتر بدانید

پدیده دودمه اغلب به جهت اینکه باعث کاهش دید می‌شود، برای کشتی‌ها خطری جدی‌ست. همچنین نظر به اینکه باعث آلودگی هوا می‌شود برای سلامتی انسان‌ها نیز مضر است.

۵- دود: وقتی در یک لایه هوای پایدار ذرات دود متراکم شود و «دید» را محدود نماید به این وضعیت پدیده دود اطلاق می‌شود. این شرایط اغلب در مناطق صنعتی که دودکش‌های کارگاه‌ها و کارخانه‌های زیاد است، دیده می‌شود.

چنانچه در نزدیکی‌های سطح زمین وارونگی دما وجود داشته باشد جریان‌های صعودی متوقف

۱- Fog

۲- Mist

۳- Wind blown spray



می‌شود و دود در لایه‌های پایین‌تر جو باقی می‌ماند. اگر باد ملایم و شرایط مناسب رطوبتی مهیا باشد ممکن است مه تشکیل شود. تأثیر ترکیب دود و مه در کم شدن دید افقی بسیار زیاد است و چنین پدیده‌ای را در هواشناسی «دودمه<sup>۱</sup>» می‌گویند.

**۶) تیرگی هوا<sup>۲</sup>:** در نتیجه وجود ذرات جامد و معلق در هوا پدیده غبارآلودگی (هیز) ایجاد می‌شود. برای تشخیص این پدیده از سایر پدیده‌های مشابه باید به میزان رطوبت هوا توجه نمود. در صورتی که مقدار رطوبت کمتر از ۸۰ درصد باشد تیرگی هوا در اثر وجود «هیز» است. غبار آلودگی هوا به همان مفهوم «هیز» است که معمولاً در این شرایط «دید» کاهش می‌یابد.

### اثرات ذرات نمک روی دید

بعد از پاشیدن آب از روی دریا این ذرات اغلب در درون جو تبخیر می‌شوند. هر قطره‌ای که تبخیر می‌شود ذره نمکی در جو به جای می‌گذارد که بعداً به هسته تراکم تبدیل می‌شود. ذرات نمک دریا رطوبت را جذب می‌کنند و تراکم آب روی آنها حتی در رطوبت نسبی خیلی پایین نیز انجام می‌شود. چنانچه غلظت نمک دریا در جو به اندازه غلظت دود باشد کاهش دید بیشتر است. رنگ ظاهری هیزی که در اثر نمک دریا ایجاد می‌شود تقریباً سفید است.

### خودآزمایی

- ۱- بارش‌های زیر حاصل کدام ابرها هستند؟  
(۱) تگرگ (۲) برف (۳) باران‌ریزه
- ۲- در چه زمانی بارندگی تبدیل به بارش برف می‌گردد؟
- ۳- انواع مه را نام ببرید.
- ۴- دمای هوا چه تأثیری بر شکل و آبدار بودن برف دارد؟
- ۵- عوامل کاهش دهنده «دید» را نام ببرید.

۱- Smog

۲- Haze

### توده‌های هوا و جبهه‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود:

- ۱- توده‌های هوا را نام ببرد.
- ۲- جبهه را تعریف کند.
- ۳- انواع جبهه‌ها را نام ببرد.
- ۴- چرخندها و واچرخندها را توضیح دهد.
- ۵- خصوصیات چرخندها و واچرخندها را توضیح دهد.
- ۶- نحوه تشکیل طوفان‌های حاره را توضیح دهد.



## توده هوا

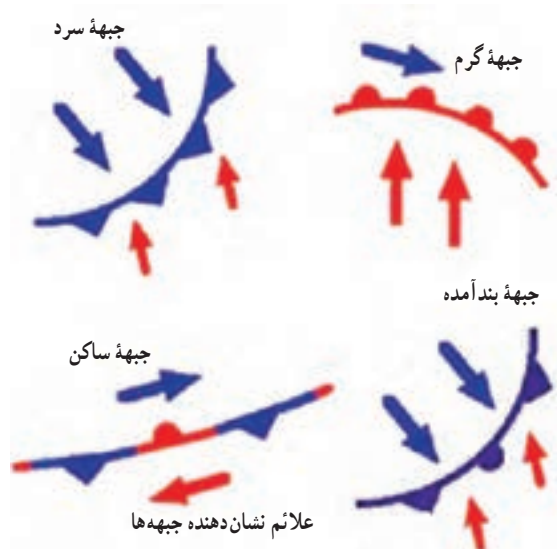
حجم پهناور و وسیعی از هوا را، که هر لایه افقی آن دما و رطوبت کم و بیش یکسان دارد، «توده هوا» گویند و می‌توان گفت که توده هوا به هوایی اطلاق می‌گردد که در مدت طولانی در حدود ۱۵ الی ۲۰ روز یا بیشتر در یک منطقه ساکن و آرام باقی بماند و به تدریج خصوصیات فیزیکی آن منطقه (رطوبت و دما) را کسب کند.

## مشخصات توده هوا

- ۱- در هر لایه افقی هوا، درجه حرارت و رطوبت یکنواخت است.
- ۲- فشار یک توده هوای گرم و مرطوب از فشار یک توده هوای سرد کمتر است.
- ۳- وضعیت فشار هوا، رطوبت و دما همانند منطقه تشکیل توده است.

## جبهه‌ها

جبهه، مرز بین دو توده هوا با دو چگال متفاوت است و معمولاً جبهه‌ها مرز بین دو توده هوا با دمای متفاوت را مشخص می‌نمایند. شکل زیر، علائم نشان دهنده انواع جبهه‌ها و مسیر حرکت باد را در دو طرف جبهه نشان داده است (تصویر ۱-۸).



تصویر ۱-۸- انواع جبهه‌ها

۱- **جبهه ساکن**: جبهه ساکن فاقد حرکت است و خصوصیات آن به شرح زیر است:

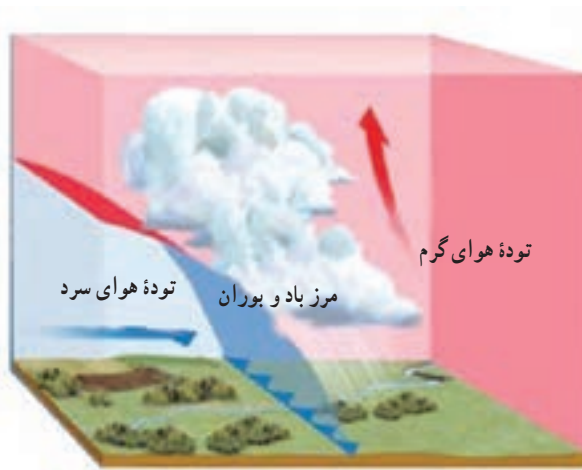
(۱) هوا معمولاً صاف تا کمی ابری همراه با نشست هوای سردتر است.

(۲) باد بیشتر در امتداد موازی با خط جبهه می‌وزد.

(۳) بارشی در خط جبهه رخ نمی‌دهد.

۲- **جبهه سرد**: جبهه‌ای است که با عقب راندن و بالا فرستادن هوای گرم توسط هوای سرد

تشکیل می‌گردد و توده سرد جایگزین را جایگزین توده گرم می‌نماید و خصوصیات آن به شرح زیر است:



تصویر ۲-۸- جبهه سرد

(۱) در جبهه سرد رطوبت و ناپایداری نسبی افزایش نمی‌یابد و طولانی مدت نیست.

(۲) جبهه سرد با افزایش ابر و خصوصاً ابرهای کومولوس همراه است.

(۳) بعد از عبور جبهه سرد

هوا صاف و بدون ابر می‌شود.

**جبهه گرم**: لغزش هوای

گرم روی هوای سرد را جبهه گرم

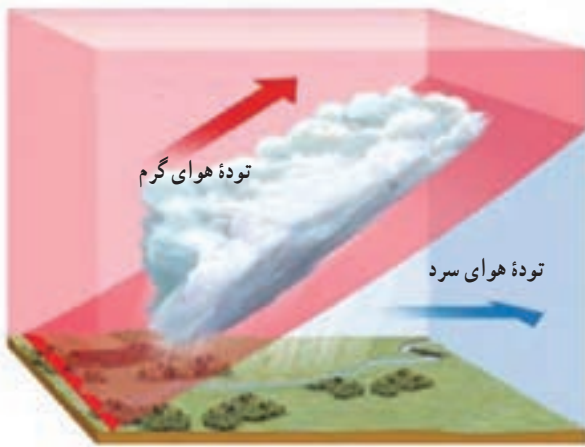
می‌گویند و جبهه‌ای است که با عبور

آن از منطقه، توده گرم جایگزین

توده سرد می‌شود و خصوصیات آن

به شرح زیر است:

۱- میانگین سرعت در جبهه



تصویر ۳-۸- جبهه گرم

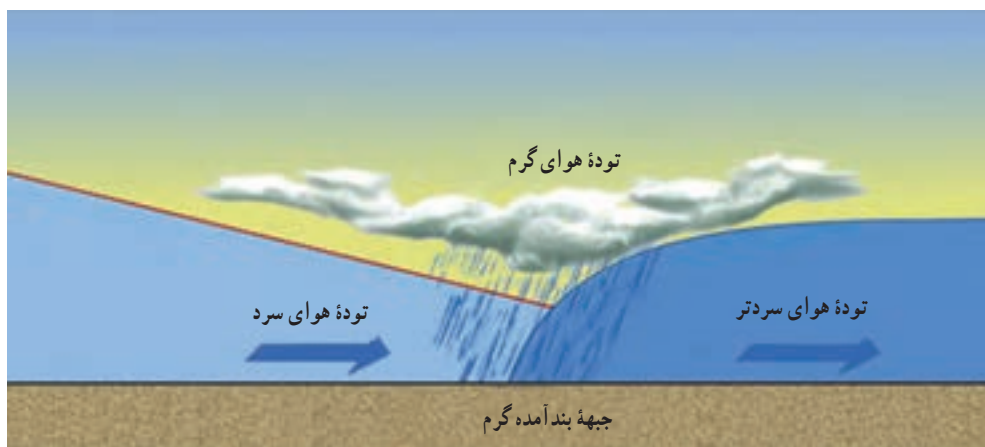
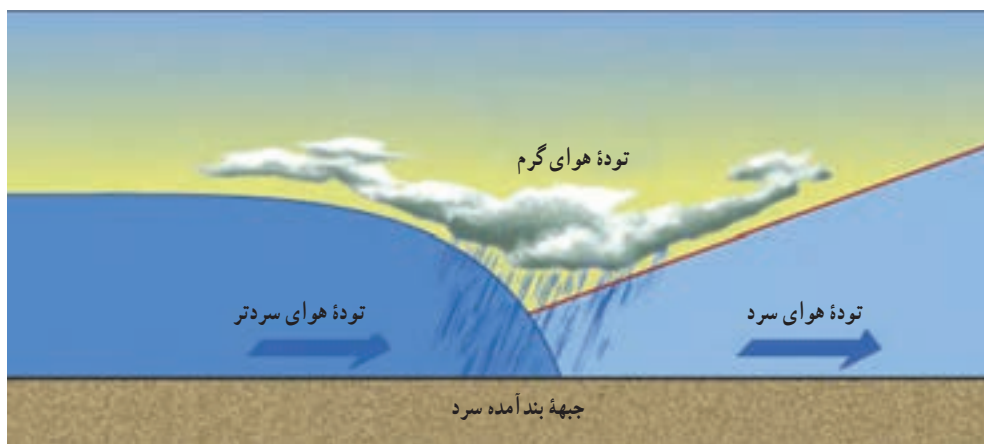




گرم حدود ۵ متر بر ثانیه است.

۲- هنگام عبور جبهه گرم، باد تغییر جهت می‌دهد، دما افزایش می‌یابد و وضعیت عمومی هوا دگرگون می‌شود.

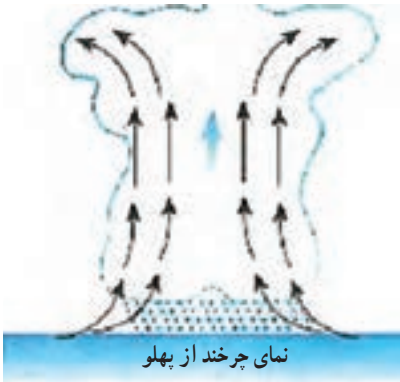
**جبهه بند آمده:** جبهه بند آمده از ادغام جبهه‌های سرد و گرم تشکیل می‌شود. اگر یک جبهه سرد از یک جبهه گرم پیشی گیرد، «جبهه بند آمده» حاصل می‌شود. با نزدیک شدن به جبهه بند آمده، سامانه ابرها بارندگی حاصل از آن بسیار شبیه یک جبهه گرم است، زیرا شکل‌گیری دنباله توده هوای گرم قبل از جبهه، تغییری نکرده است. با گذر جبهه، ابرها و بارندگی متعاقب آن از نوع جبهه سرد خواهد بود.



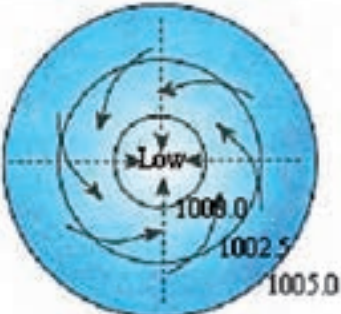
تصویر ۴-۸ - حرکت توده هوا در جبهه بند آمده سرد و گرم

### انواع سامانه‌های فشاری و خصوصیات آنها

پس از ترسیم خطوط هم‌فشار بر روی نقشه سینوپتیک هواشناسی، مشاهده می‌گردد خطوط هم‌فشار در بعضی از مناطق منحنی‌ها به هم می‌رسند و منحنی‌های بسته تشکیل می‌دهند، به این منحنی‌ها «مراکز فشاری» می‌گویند. هرچه به سمت مرکز منحنی پیش برویم اگر از فشار هوا کاسته شود به آن «چرخند» و اگر به فشار هوا افزوده شود «واچرخند» گویند. از طریق این مراکز فشاری با خصوصیات و ویژگی‌هایی که دارند، می‌توان پیش‌بینی هوا را انجام داد.



**خصوصیات چرخندها<sup>۱</sup>:** یک چرخند، منطقه‌ای است از هوای کم‌فشار و تقریباً دایره‌ای شکل که قطر آن ممکن است به صدها کیلومتر برسد. این منطقه از هوا در نیمکره شمالی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و در نیمکره جنوبی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت در چرخش است. در چنین ناحیه‌ای کمترین مقدار فشار جوی در مرکز است و در امتداد شعاع و به طرف خارج از مرکز، مقدار فشار افزایش می‌یابد. در واقع چرخند یک مرکز کم‌فشار است و خصوصیات آن به شرح زیر است:



۱- فشار هوا از بیرون به سمت داخل مرکز کم می‌شود.

۲- جریان هوا در این مرکز در نیمکره شمالی زمین مخالف جهت عقربه‌های ساعت و در نیمکره جنوبی در جهت عقربه‌های ساعت است.

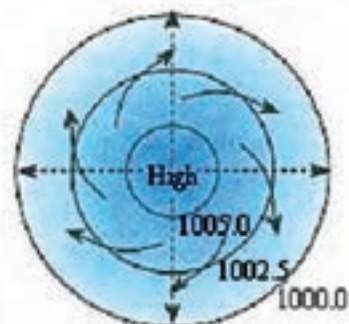
تصویر ۵-۸ - نمای چرخند از پهلو و بالا

۳- در مراکز کم‌فشار در سطح زمین هم‌گرایی و جریان هوا خطوط هم‌فشار را با زاویه قطع می‌کند و در ارتفاعات واگرایی رخ می‌دهد.

۴- حرکت عمودی هوا در این مرکز از پایین به بالاست.

۵- بیشترین اغتشاشات جوی در این مرکز دیده می‌شود.

۱- چرخندها (Cyclone)



نمای وا چرخند از بالا

تصویر ۶-۸ - نمای واچرخند از پهلو و بالا

خصوصیات و اچرخندها<sup>۱</sup>: مناطق پرفشار، مدور و غیرمنظم را که جهت حرکت آنها در جهت حرکت عقربه‌های ساعت است، و اچرخند می‌نامند. جهت حرکت باد در واچرخندها بر خلاف جهت حرکت باد در «اچرخندهاست». بنابراین به آن حرکت، «واچرخندی» و چنین سامانه‌ای را «سامانه واچرخندی» می‌گویند (تصویر ۶-۸).

۱- فشار هوا از داخل به سمت خارج مرکز افزایش می‌یابد.

۲- جریان هوا در این مرکز در نیمکره شمالی زمین در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و در نیمکره جنوبی مخالف عقربه‌های ساعت است.

۳- در مراکز پرفشار در سطح زمین واگرایی و جریان هوا خطوط هم‌فشار را با زاویه قطع می‌کند و در ارتفاعات هم‌گرایی رخ می‌دهد.

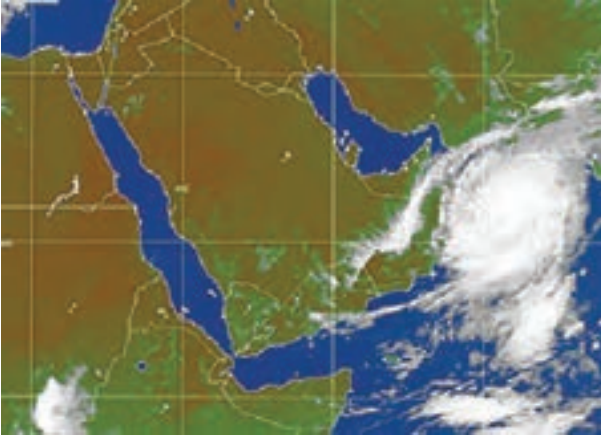
۴- در این مرکز فرونشینی یا نشست هوا پدید می‌آید.

۵- در این مرکز هوا پایدار و اندازه سرعت حرکت هوا ضعیف است.

### طوفان حاره‌ای

یکی از پدیده‌هایی که با باد بسیار شدید سطحی همراه است طوفان‌های حاره‌ای است. این طوفان از پدیده‌های مهم مناطق اطراف خط استواست که بر مناطق جنب حاره‌ای در نیمکره شمالی و جنوبی تأثیر می‌گذارد. اینها معمولاً از اقیانوس‌ها و دریاها حاره‌ای، یعنی جایی که دمای سطح آب دریا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است منشأ می‌گیرند. طوفان‌های حاره‌ای عموماً در آب‌های بین ۵ تا ۳۰ درجه عرض شمالی و جنوبی خط استوا تشکیل می‌شود، ولی معمولاً برای خط استوا به دلیل فقدان تأثیر نیروی کوریولیس، که برای توسعه چرخش بادهای اطراف سامانه تلاطم است تشکیل نمی‌شود. و هنگامی که این سامانه‌ها به عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۳۰ درجه برسند تشدید می‌گردند. طوفان‌های حاره‌ای معمولاً

۱- پرفشارها (Anticyclone)



تصویر ۷-۸- طوفان گنو در شمال اقیانوس هند

در حاشیه‌های غربی حوضه‌های اقیانوسی، که محل تجمع آب‌های گرم ناشی از جریانات اقیانوسی و بادهای شرقی حاره‌ای‌ست، شکل می‌گیرند.

قطر طوفان‌های حاره‌ای دارای میانگین ۵۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتر است و در مقایسه با کم‌فشارهای عرض میانی، دارای سامانه کوچک‌تر و قطری کمتری‌ست. نام‌گذاری طوفان حاره‌ای

برحسب جایگاه اولیه تشکیل آنهاست. یکی از طوفان‌های حاره‌ای، که سال ۱۳۸۵ در روی دریای عمان و دریای عربی به‌وقوع پیوست، به‌نام طوفان حاره‌ای گونو بود و این نام از موقعیت دریای عمان گرفته شد (کیف ساخته شده از برگ خرما). طوفان حاره‌ای گونو در بخش شرقی دریای عرب شکل گرفت و شش روز تداوم داشت و در روز دوم به سواحل عمان منتقل گردید. سرعت این طوفان ۱۴۰ تا ۱۷۰ گره و جهت حرکت آن به سمت شمال غرب بود.

سواحل ایران در دریای عمان و خلیج فارس طی صد سال گذشته هیچ وقت مستقیماً تحت تأثیر چرخندهای حاره‌ای قرار نگرفته است ولی عبور این نوع طوفان‌ها از روی دریای عمان همواره موجب موج شدن دریا در خلیج چابهار و سایر بنادر در سواحل مکران دریای عمان شده است. به هر حال طوفان گونو ۱۳۸۵ نوعی استثنا به شمار می‌رود و شدیدترین رویداد ثبت شده طوفان حاره‌ای در محدوده دریای عمان است (تصویر ۷-۸).

## خودآزمایی

- ۱- توده هوا را تعریف کنید.
- ۲- انواع جبهه‌ها را نام ببرید.
- ۳- خصوصیات یک چرخند را توضیح دهید.
- ۴- جبهه بند آمده گرم را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۵- با ذکر دلیل بیان کنید که طوفان حاره‌ای گونو از خصوصیات کدام مرکز فشاری تبعیت می‌کند.

## هواشناسی خلیج فارس و دریای عمان

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

۱- مشخصات خلیج فارس را بتواند توضیح دهد.

۲- بادهای خلیج فارس را نام ببرد.

۳- اقلیم دریای عمان را بتواند توضیح دهد.

۴- بادهای دریایی عمان را نام ببرد.

## مشخصات خلیج فارس

خلیج فارس در جنوب ایران قرار دارد. این خلیج توسط تنگه هرمز به دریای عمان و از طریق آن به اقیانوس هند مرتبط است. از بین کشورهای همسایه خلیج فارس، ایران بیشترین مرز آبی مشترک را با خلیج فارس دارد. طول مرز آبی ایران با خلیج فارس، با احتساب جزایر، در حدود ۱۸۰۰ کیلومتر و بدون احتساب جزایر در حدود ۱۴۰۰ کیلومتر است. طول خلیج فارس از تنگه هرمز تا آخرین نقطه پیشروی آن در جهت غرب، در حدود ۸۰۵ کیلومتر است. عریض‌ترین بخش خلیج فارس ۱۸۰ مایل است. عمیق‌ترین نقطه خلیج فارس با عمق ۹۳ متر در ۱۵ کیلومتری تنب بزرگ و مناطق کم‌عمق آن در سمت غرب است. همچنین جزایر متعددی در خلیج فارس وجود دارند.

خلیج فارس تحت تأثیر سه سامانه آب و هوایی اصلی، شامل و اچرخند سرد سیبری، سامانه کم فشار سودان و مانسون‌های هند است. این ناحیه تحت تأثیر بادهای غالب از شمال باختر موسوم به «باد شمال» است که در قسمت‌های جنوبی تغییر جهت می‌دهد و به طرف شمال تمایل پیدا می‌کند. این بادهای باعث به وجود آمدن امواج و جریان‌های سطحی می‌گردند در ضمن پدیده گرد و غبار از مهم‌ترین ویژگی‌های هواشناسی نواحی شمال غرب خلیج فارس محسوب می‌شود.

## بادهای خلیج فارس

۱- **باد شمال**: از بادهای دائمی است که از سوی شمال غربی می‌وزد و در گویش محلی به باد شمال معروف است. این باد اغلب در بخش شمالی خلیج فارس می‌وزد.

پایداری باد شمال در تابستان بیشتر از زمستان است. بین خرداد تا ۲۵ تیرماه بیشترین مداومت این باد وجود دارد. وزش این باد در زمستان ناگهانی است. این باد به‌طور ناگهانی در چند دقیقه از باد ملایم جنوب شرقی به باد شمال غربی تغییر می‌یابد. این باد در زمستان به همراه رگبار و باران است ولی در تابستان خشک و همراه با آسمان صاف و بدون ابر است. وزش شدید و ناگهانی باد شمال برای کشتی‌ها و قایق‌های کوچک خطرناک است.

۲- **باد سهیلی**: این باد در آخر تابستان و اوایل پائیز می‌وزد. این باد از جنوب غربی می‌وزد و محلی‌ها می‌گویند که این باد ناشی از طلوع ستاره سهیل است.

۳- **باد شرعی**: این باد، در بوشهر، لنگه و بندر عباس به باد قوس نیز معروف است. جهت آن جنوب شرقی به شمال غربی است و در تابستان گرم و سوزان و در زمستان گرم و مرطوب و بیشتر



بارانی است. این باد شدید است و گاهی خسارت‌هایی نیز به همراه دارد. این باد در زمستان جهت شمال شرقی پیدا می‌کند و ریزش بارش بیشتری را سبب می‌شود.

۴- باد نشی: به این باد، باد شمال شرقی نیز می‌گویند که در زمستان در کرانه‌های شمالی خلیج فارس، به ویژه در ناحیه هرمز می‌وزد.

۵- بادهای نزدیک ساحل: نسیم شبانه از ساحل و نسیم روزانه از دریا نیز در تمامی منطقه خلیج فارس وجود دارد.

۶- طوفان‌ها: در زمستان‌ها طوفان‌های شدید و خطرناک در خلیج فارس بروز می‌کند که سبب خسارت‌های بسیاری می‌شود. جهت این بادهای شدید ممکن است جنوب شرقی و یا شمال غربی باشد.

### اثرات مه غبار بر تصادمات دریایی خلیج فارس و دریای عمان

کاهش دید افقی در واقع یکی از عوامل جوی تأثیرگذار در تصادمات دریایی است. چنان‌که در کنوانسیون‌های دریایی، تمهیدات لازم، نصب و استفاده از وسایل کمک ناوبری متناسب الزامی گردیده است و در بررسی سوانح دیده می‌شود که در برخی موارد یکی از عوامل محیطی بروز تصادم، کاهش دید افقی بوده است.

عامل محیطی «پدیده مه غبار» از اولین عوامل کاهش‌دهنده دید افقی در منطقه است و با تعداد تصادمات دریایی رابطه منطقی دارد. در نهایت، نتیجه‌گیری کلی این است که با در نظر گرفتن رابطه منطقی موجود میان پدیده مه‌غبار و تصادمات، در مناطقی چون تنگه هرمز و خصوصاً غرب آن و نیز منطقه ورودی اروند، که دارای تعداد روزهای با کاهش دید و نیز تعداد تصادمات بیشتری بوده‌اند، لازم است به هنگام تردد، با دقت و هوشیاری بیشتری ناوبری شود.

### پژوهش

جزایر ایرانی خلیج فارس را نام ببرید و بررسی نمایید کدام جزیره ایستگاه هواشناسی

دارد.

### اقلیم دریای عمان (سواحل مکران)

دریای عمان در جنوب استان سیستان و بلوچستان است، منطقه سیستان و بلوچستان با توجه به موقعیت جغرافیایی، از یک طرف تحت تأثیر جریان‌های جوی متعدد مانند جریان بادی شبه قاره هند و به تبع آن باران‌های موسمی اقیانوس هند است و از طرف دیگر تحت تأثیر فشار هوای زیاد عرض‌های متوسط قرار دارد و گرمای شدید مهم‌ترین پدیده مشهود اقلیمی آن است. در وضعیت هواشناسی این منطقه بادهای شدید موسمی، طوفان‌شن، رگبارهای سیل‌آسا، رطوبت زیاد و مه صبحگاهی پدیده‌های قابل توجه می‌باشند. این استان دو فصل متمایز تابستان گرم و طولانی و زمستان کوتاه دارد. زمستان با درجه حرارت معتدل و خنک در ماه‌های آذر، دی و بهمن و تابستان گرم در بقیه ماه‌های سال تداوم دارد.

بارندگی در استان عمدتاً در ماه‌های زمستان صورت می‌گیرد و میزان متوسط سالیانه آن حدود ۷۰ میلی‌متر و بسیار نامنظم است. میزان متوسط رطوبت نسبی در سواحل دریای عمان (سواحل مکران)، حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد در دی ماه است که در تابستان کاهش می‌یابد. در نواحی ساحلی دریای عمان به علت رطوبت ناشی از مجاورت با دریا، آب و هوای گرم با رطوبت بیشتری همراه است.

### بادهای دریای عمان

منطقه سیستان در مسیر فعل و انفعالات جوی میان کانون‌های پرفشار در شمال شرق کشور و کانون‌های کم فشار در جنوب شرق قرار گرفته و وزش بادهای آن به شدت متأثر از این فعل و انفعالات است. این امر موجب می‌شود که این دشت از نظر جریان‌های هوا در منطقه‌ای فعال قرار داشته باشد.

۱- بادهای صد و بیست روزه سیستان: بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از ۱۵ خرداد لغایت ۱۵ مهر به مدت ۱۲۰ تا ۱۳۰ روز می‌وزند و گاهی حتی تا ۱۷۰ روز نیز به طول می‌انجامد. حداکثر سرعت باد در تیرماه ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است که در دریای عمان و سواحل مکران بیشتر است. متوسط سرعت باد در ماه‌های تابستان در حدود ۲۶ کیلومتر در ساعت و در ماه‌های زمستان ۱۳ کیلومتر در ساعت برآورد شده است.

این باد دارای جهت شمالی یا شمال غربی می‌باشد و وزش آن در بخش‌های شرقی دریای عمان و سواحل مکران به وضوح بیشتر از بخش‌های غربی آن است. لذا کشتی‌ها و شناورهای سطحی که در این منطقه از غرب به شرق تردد می‌نمایند همواره باید انتظار وضعیت جوی بدتر را داشته باشند، چنانچه مسیر حرکت آنان از دریای عمان به سمت بندرعباس باشد وضعیت جوی بهتری را تجربه خواهند نمود.





- ۲- باد قوس : این باد در آذر ماه می‌وزد و سبب بارندگی مختصر در منطقه می‌شود.
- ۳- باد پیلپلاسی (باد پرستو) : این باد از اواسط اسفند شروع شده و وزش آن نشانه آغاز فصل بهار است.
- ۴- باد قبله (باختر) : این باد در فصول مختلف سال از سمت غرب استان می‌وزد.
- ۵- باد لوار : این باد ادامه بادهای موسمی اقیانوس هند است که منطقه سیستان را دربر گرفته و با جهت شمال شرقی - جنوب غربی می‌وزد.

## خودآزمایی

- ۱- مرز آبی کشور ایران در خلیج فارس با احتساب و بدون احتساب جزایر آن چند کیلومتر است؟
- ۲- عریض‌ترین بخش خلیج فارس چند کیلومتر است؟
- ۳- عمیق‌ترین نقطه خلیج فارس در کجا قرار دارد و عمق آن چقدر است؟

## هواشناسی دریای خزر

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

- ۱- اقلیم دریای خزر را تشریح کند.
- ۲- بادهای دریای خزر را نام ببرد.



تصویر ۱-۱۰ - خلیج فارس و دریای خزر



## اقلیم دریای خزر

آب و هوا و اقلیم دریای خزر بین جنوب و شمال آن بسیار تفاوت دارد. متوسط درجه حرارت نیمه شمالی دریای خزر در سال بین  $10^{\circ}$  الی  $17^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد است، در حالی که در نیمه جنوبی آن بین  $18^{\circ}$  الی  $20^{\circ}$  درجه است.

رطوبت هوا از جنوب به شمال در منطقه میانی دریا و نیز از شرق به غرب در نواحی ساحلی افزایش می‌یابد. رطوبت هوا در ماه‌های فصل سرد سال زیاد تغییر نمی‌کند و در سواحل ایران در این زمان (تابستان) مقدار رطوبت از  $70\%$  بیشتر است.

مقادیر بارندگی در سواحل دریای خزر به عبور سامانه‌های جبهه‌ای و نیز وضعیت سواحل اطراف آن منطقه بستگی دارد. مقدار بارندگی در سواحل ایران به علت هوای مرطوب بین  $1000$  الی  $1200$  میلی‌متر در سال است.

بیشترین مقدار پوشش ابر در فصول سرد سال و در منطقه جنوب غرب تا شمال غرب دریا اتفاق می‌افتد. کمترین مقدار ابر در فصل تابستان و در شرق دریا اتفاق می‌افتد.

## وزش باد

جهت و قدرت وزش باد بر روی آب‌های دریای خزر به سه عامل زیر بستگی دارد:

۱- جریان مشخص کلی هوای مستقر در منطقه؛

۲- شرایط اقلیمی سواحل منطقه مورد نظر؛

۳- درجه حرارت دریا و اختلاف آن با ساحل.

### بادهای محلی

خزری: باد محلی غالب در منطقه دریای خزر «باد خزری» است که جهت آن شمال غربی‌ست و شدت آن با عبور جبهه‌های سرد هوا افزایش می‌یابد. اگر زمان وزش بادهای شمال و شمال غربی طولانی مدت باشد باعث پیشروی آب دریا در ساحل می‌گردد.

گرم باد: این نوع باد از بادهایی‌ست که از جنوب غرب می‌وزد و چون از ارتفاعات البرز - آرات پائین می‌آید به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد و گرم‌تر می‌شود. این پدیده؛ خود، اعلام هشدار برای آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع است.

## مه و کاهش دید افقی

شرایطی که باعث کاهش دید افقی می‌شود انواع مه در منطقه است که بیشترین نوع آن مه جبهه‌ای (در زمان عبور حرکت قسمت هوای گرم سامانه جبهه‌ای) یا تشعشی است.

## یخبندان

در نیمه شمالی دریای خزر، شرایط یخزدگی دریا و تشکیل یخبندان در دریا در ماه‌های سرد سال وجود دارد و تا اوایل بهار ادامه می‌یابد. تا کنون هیچ‌گونه یخزدگی و یخبندان در جنوب دریای خزر گزارش یا مشاهده نشده است.

### پژوهش

بررسی نمایید عمیق‌ترین مکان دریای خزر در کجا قرار دارد؟

## خودآزمایی

- ۱- بادهای دریای خزر را نام ببرید.
- ۲- چه بادی باعث پیشروی آب دریا در سواحل می‌گردد؟
- ۳- جهت و قدرت وزش باد در دریای خزر به چه عواملی بستگی دارد؟

## منابع

### فارسی

- ۱- ناظم‌السادات، محمد جعفر، مبانی هوا و اقلیم‌شناسی، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۸۸
- ۲- کاویانی، علیجانی، محمد رضا، بهلول، مبانی آب و هواشناسی، سمت، ۱۳۸۵
- ۳- مرادی، عباس، هواشناسی، مرکز آموزشی و پژوهشی شهید سپهبد صیاد شیرازی، ۱۳۹۱
- ۴- نصری، فرامرز، هواشناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)، ۱۳۸۳

### انگلیسی

- ۱- R. M. Frampton, Meteorology for seafarers.
- ۲- Instant wind forecasting, adlard coles nautical . london.
- ۳- Noris to Marin

