اگر بر فراز قله‌ی اورست که بلندترین نقطه‌ی زمین است باشید فشار هوا حدود ۳۰۰ هکتوپاسکال است یعنی تقریباً ۷۰ درصد مولکول‌های هواسپهر زیر پای شما است. در ارتفاع ۵۰ کیلومتری فشار هوا حدود یک هکتوپاسکال است یعنی ۹۹ درصد کل مولکول‌های هواسپهر در زیر ارتفاع ۵۰ کیلومتری هستند. با این حال هواسپهر تا صدها کیلومتر بالاتر هم گسترش می‌یابد و آرام‌آرام با فضای کیهانی درهم‌می‌آمیزد. تا این جا تنها درباره‌ی هواسپهر زمین سخن گفتیم. برای آگاهی از هواسپهر دیگر سیارات درنگ {۳} را بخوانید.

لایه‌های هواسپهر دیدیم که با افزایش ارتفاع، چگالی و فشار نخست به تندی و سپس به آرامی کاهش می‌یابند. در مقابل، نیمرخ عمودی دمای هوا پیچیده‌تر است. {یادداشت: دمای هوا میزان گرمی و سردی هوا را می‌سنجد و نماینده‌ی میانگین تندی مولکول‌های هوا است. هر چه جرم یک ماده بیش‌تر و مولکول‌های آن پر جنب و جوش‌تر باشند یعنی انرژی جنبشی آن بیش‌تر باشد انرژی گرمایی آن ماده هم بیش‌تر است. $\text{انرژی جنبشی} = \frac{۱}{۲} \times [\text{جرم} \times \text{سرعت} \times \text{سرعت}]$ } نگاهی دقیق به

•نگاره‌ی ۱۱-۱ نشان می‌دهد که از سطح زمین تا ارتفاع حدود ۱۱ کیلومتری دمای هوا کاهش می‌یابد. دلیل اصلی کاهش دما با افزایش ارتفاع آن است که نور خورشید سطح زمین را گرم می‌کند و زمین هم به نوبه‌ی خود هوای مجاورش را گرم می‌کند. در بخش دوم کاوش بیش‌تری در این باره خواهیم کرد. آهنگ کاهش دما با افزایش ارتفاع را افتاهنگ می‌نامند. میانگینِ افتاهنگ (افتاهنگ استاندارد) در این بخش از هواسپهر حدود ۶/۵ درجه‌ی سلسیوس به ازای هر ۱۰۰۰ متر است. به یاد داشته باشید که این عدد صرفاً مقدار میانگین را نشان می‌دهد. برخی اوقات آهنگِ افتِ دما خیلی تندتر یعنی افتاهنگ بزرگ‌تر و گاهی هم آهنگ افت دما کندتر یعنی افتاهنگ کوچک‌تر است. گه‌گاهی هم با افزایش ارتفاع دما افزایش می‌یابد که به آن وارونگی دما می‌گویند. بنابر این افتاهنگ دما پرنوسان است و روز به روز و فصل به فصل متفاوت است.

تمامی هواهایی که بر روی زمین شاهد آن هستیم در بخشی از هواسپهر رخ می‌دهدکه از سطح زمین تا ارتفاع ۱۱ کیلومتری کشیده شده است. جریان‌های صعودی و نزولی، هوای این بخش از هواسپهر را کاملاً درهم‌می‌آمیزند. معمولاً هوای این بخش از هواسپهر تنها ظرف چند روز ستبرایی برابر ۱۰ کیلومتر را دور میزند. این هسته‌های گردش هوا در سراسر لایه‌یِ میانِ سطح زمین تا ارتفاعی که کاهش دما با افزایش ارتفاع بازمی‌ایستد و همان وردسپهر است کشیده می‌شوند.

•نگاهی به نگاره‌ی ۱۱-۱ نشان می‌دهد که در ارتفاع ۱۱ کیلومتری کاهش دما با افزایش ارتفاع بازمی‌ایستد؛ یعنی افتاهنگ به صفر می‌رسد. این بخش که دمای آن با افزایش ارتفاع ثابت می‌ماند کمربند همدما نامیده می‌شود. {یادداشت: بسیاری اوقات لایه‌ی همدما دیده نمی‌شود و پس از توقف کاهش دما، افزایش دما آغاز می‌شود. } کف این کمربند، سقف وردسپهر و کف لایه‌ی بعدی یعنی پوش‌سپهر است. مرز میان وردسپهر و پوش‌سپهر را وردیست می‌نامند. ارتفاع وردیست متغیر است. در مناطق حاره وردیست فرازمندتر است و با نزدیک شدن به قطب ارتفاع آن کم‌تر می‌شود. عموماً ارتفاع وردیست در تمام عرض‌های جغرافیایی در طی تابستان بیش‌تر و در زمستان کم‌تر است. در پاره‌ای مناطق وردیست می‌شکند و به سختی می‌توان آن را جایابی کرد. در این گونه مناطق هوای پوش‌سپهر و وردسپهر درهم‌می‌آمیزند. این شکستگی‌ها نماینده‌ی موقعیت رودبادها هستند. رودبادها کمربندهای باریکی از جریان تندِ هوا همچون رودخانه‌ها هستند که تندی باد در آن‌ها از ۵۰ متر بر ثانیه فراتر می‌رود.

•نگاره‌ی ۱۱-۱ نمایانگر آن است که در پوش‌سپهر با افزایش ارتفاع، دما هم افزایش می‌یابد یعنی وارونگی دما داریم. همین کمربند وارونگی و کمربند همدمای زیر آن از گسترش جریان‌های هوای وردسپهر به درون پوش‌سپهر پیش‌گیری می‌کند. وارونگی از حرکات عمودی در خود پوش‌سپهر هم جلوگیری می‌کند و به همین دلیل پوش‌سپهر لایه‌ای چینه‌وار است.

با این که در پوش‌سپهر دما افزایش می‌یابد اما مثلاً در ارتفاع ۳۰ کیلومتری هوا فوق‌العاده سرد است و میانگین آن به ۴۶- درجه‌ی سلسیوس می‌رسد. بر فراز مناطق قطبی، دمای هوا در همین تراز ممکن است ظرف یک هفته به شدت افزایش یابد. در

طی این گرمایشِ ناگهانی، دما می‌تواند بیش از ۵۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد. گرچه دلیل این افزایش ناگهانی به درستی دانسته نیست اما ممکن است ناشی از تغییرات گردش هوا در اواخر تابستان و اوایل بهار و هم چنین جابه‌جایی قطب‌سویِ رودبادهایِ نیرومندِ پوش‌سپهر پایینی باشد. برای سنجش نیمرخ دمای هواسپهر تا ارتفاع بیش از ۳۰ کیلومتری از رادیوساند بهره می‌برند. برای آگاهی بیش‌تر در باره‌ی این دستگاه درنگ {۴} را بخوانید.

{۳} دیده‌بان

وقتی با هواپیما در ارتفاع ۹ کیلومتری در پروازید دمای بیرون در حد ۵۰- درجه‌ی سلسیوس است. با توجه به این که با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یابد دمای هوای بیرون هواپیما ممکن است بیش از ۴۵ درجه‌ی سلسیوس کم‌تر از دمای سطح زمین در همان محل باشد.

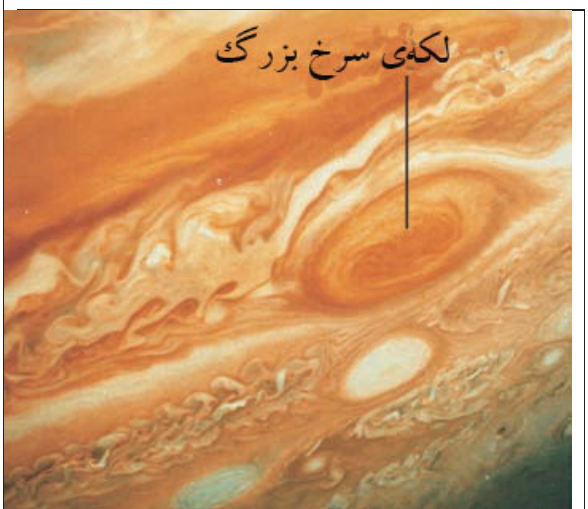
{۳} درنگ و نگاه: هواسپهر دیگر سیارات

زمین بی‌همتا است. زمین در چنان فاصله‌ی مناسبی از خورشید جاگرفته که امکان شکوفایی زندگی را فراهم آورده و هواسپهری سرشار از نیتروژن و اکسیژن به جانداران ارزانی داشته که هواسپهرِ نزدیک‌ترین همسایگانش یعنی ناهید و بهرام نیز از آن بی‌بهره‌اند.

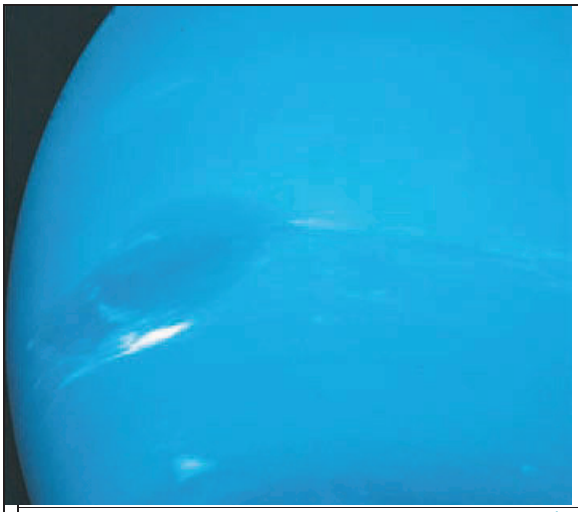
هواسپهرِ ناهید عمدتاً از دی‌اکسیدکربن (۹۵ درصد) و کمی بخارآب و نیتروژن ساخته شده است. آسمان این سیاره را ابرِ اسیدی تیره‌ای پوشانده و سطح آن را از چشم‌ها دور نگه می‌دارد. هواسپهر ناهید بسیار پرتلاطم است. سنجنده‌ها، پیچانه‌ها و تندبادهایی با تندی بیش از ۲۰۰ کیلومتر در ساعت را بر روی این سیاره آشکار ساخته‌اند. هواسپهر ستبر و فشرده‌ی ناهید سبب شده که فشار سطح آن به ۹۰۰۰۰ هکتوپاسکال یعنی ۹۰ برابر فشار هوای زمین برسد. برای آن که چنین فشاری را روی زمین تجربه کنیم باید به عمق ۹۰۰ متری اقیانوس برویم. از این گذشته این هواسپهر ستبری که از دی‌اکسیدکربن ساخته شده اثر گلخانه‌ای نیرومندی پدید می‌آورد و دمای سطح ناهید را به ۴۸۰ درجه‌ی سلسیوس می‌رساند.

هواسپهرِ بهرام نیز همانند ناهید عمدتاً از دی‌اکسیدکربن و اندکی از دیگر گازها ساخته شده است. برخلاف ناهید هواسپهر بهرام بسیار نازک است و گرما به تندی از سطح آن می‌گریزد. به همین دلیل دمای سطحی بهرام خیلی کم‌تر و میانگین آن حدود ۶۰- درجه‌ی سلسیوس است. چون هواسپهر بهرام نازک و سرد است آب مایع بر روی این سیاره وجود ندارد و تقریباً ابر هم ندارد و چشم‌اندازی بیابانی و برهوت به خود گرفته است. از این گذشته هواسپهر نازک بهرام سبب شده تا فشار سطحی آن حدود ۷ هکتوپاسکال باشد که از یک صدم فشار هوا در سطح زمین هم کم‌تر است. بر روی زمین، فشار هوا در ارتفاع حدود ۳۵ کیلومتری به ۷ هکتوپاسکال می‌رسد.

گاه‌گاهی توفان‌های بزرگ گرد و غبار بر سطح بهرام شکل می‌گیرد. این توفان‌ها با بادهایی به تندی چند صد کیلومتر در ساعت همراهند که غبارها را دور تا دور سیاره می‌چرخانند. این غبارها که به آرامی ته‌نشین می‌شوند چشم‌انداز بهرام را با لایه‌ی نازکی از غبار سرخ پوشانده‌اند.



•نگاره‌ی ۲ بخشی از هرمز که از استوا تا عرض‌های جنوبی آن کشیده شده است. لکه‌ی بزرگ سرخ و لکه‌های کوچک‌تر پیچانه‌های چرخنده هستند درست همانند توفان‌های زمینی خودمان.



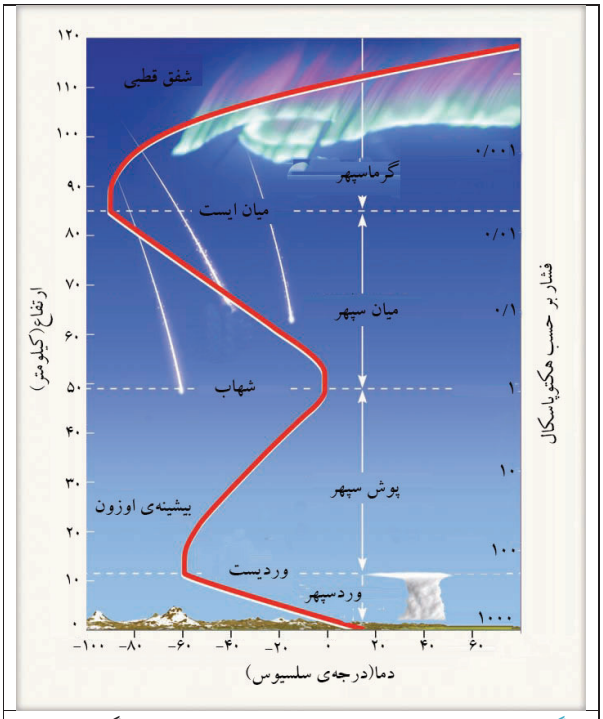
●نگاره‌ی ۳ لکه‌ی بزرگ سیاه بر روی نپتون. ابرهای کم‌پشت سفید، همانند ابرهای مرتفع کم‌پشت سیروس در آسمان زمین هستند با این تفاوت که این ابرها احتمالاً از بلورهای متان درست شده‌اند.

هواسپهر هرمز که بزرگ‌ترین سیاره‌ی سامانه‌ی خورشیدی است به کلی با ناهید و بهرام تفاوت دارد. هواسپهر این سیاره عمدتاً از هیدروژن (H_2) و هلیوم (He) ساخته شده و اندکی متان (CH_4) و آمونیم (NH_3) هم در خود دارد. چشمگیرترین پدیده‌ای که روی هرمز دیده می‌شود حلقه‌ی سرخ بزرگ نام دارد.

دلیل وارونگی دما در پوش‌سپهر آن است که اوزون نقش مهمی در گرمایش این لایه بازی می‌کند. به یاد دارید که اوزون تابش‌های پرانرژی فرابنفش را جذب می‌کند. بخشی از همین انرژی سبب گرمایش پوش‌سپهر شده و دلیل وارونگی را معلوم می‌دارد. اگر اوزون نبود شاید در پوش‌سپهر نیز مانند وردسپهر با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یافت.

دقت در ●نگاره‌ی ۱۱-۱ آشکار می‌سازد که در عرض‌های میانه غلظت اوزون در ارتفاع ۲۵ کیلومتری بیشینه است؛ در حالی که بیشینه‌ی دمای پوش‌سپهر در ارتفاع ۵۰ کیلومتری دیده می‌شود. دلیل این امر آن است که غلظت هوا در ارتفاع ۵۰ کیلومتری خیلی کم‌تر است و انرژی جذب شده صَرفِ افزایش دمای تعداد بسیار کم‌تری از مولکول‌ها می‌شود. از این گذشته بخش بزرگی از انرژی در همان بخش‌های بالایی پوش‌سپهر جذب می‌شود و به بخش بیشینه‌ی اوزون نمی‌رسد و به دلیل ناچیز بودن چگالی، گرمای بخش بالایی به کندی به بخش پایینی منتقل می‌شود.

بر روی پوش‌سپهر، لایه‌ی میان‌سپهر جا گرفته است. مرز میان این دو لایه در ارتفاع ۵۰ کیلومتری است و پوش‌ایست نامیده می‌شود. در این لایه، هوا بسیار تُنُک (کم‌چگالی) است و میانگین فشار آن در حد یک هکتوپاسکال است؛ یعنی حدود یک هزارم جرم هواسپهر در بالا و ۹۹/۹ درصد آن در زیر این لایه جا دارد.



●نگاره‌ی ۱۱-۱ لایه‌های هواسپهر بر اساس نیمرخ عمودی میانگین دما. خط کلفت چگونگی تغییر دما در هر لایه را نشان می‌دهد.

نسبت نیتروژن و اکسیژن در این لایه با آن چه در تراز دریا می‌بینیم یکسان است. البته چون چگالی هوا خیلی کم است با تنفس این هوا مدت زیادی زنده نخواهیم ماند؛ چون تعداد مولکول‌هایی که در هر تنفس وارد شش‌هایمان می‌شود بسیار کم‌تر از آن چیزی است که در تراز دریاست. در نتیجه بدون ابزارهای تنفسی، مغز به زودی دچار کمبود اکسیژن می‌شود که آن را هایپوکسیا می‌نامند. خلبان‌هایی که به مدت طولانی در ارتفاعات بیش از ۳ کیلومتری تنفس کنند به همین عارضه دچار می‌شوند. این عارضه با احساس خستگی آغاز می‌شود و در ابتدا با درد همراه نیست. خیلی زود اختلال بینایی آغاز می‌شود و انجام کارهای معمولی برای فرد دشوار می‌شود. برخی افراد دچار حالت وادادگی می‌شوند یعنی نه می‌فهمند که چه بر سرشان

می‌آید و نه به آن اهمیت می‌دهند. اگر کمبود اکسیژن ادامه یابد فرد هوشیاری خود را از دست می‌دهد و حتی ممکن است بمیرد. در واقع در میان‌سپهر انسان ظرف چند دقیقه خفه می‌شود.

{۴} درنگ و دیده‌بانی: رادیوساند

رادیوساند دستگاهی است که با آن می‌توان پراکنش عمودی دما، فشار و رطوبت هواسپهر را تا ارتفاع ۳۰ کیلومتری سنجید. رادیوساند جعبه‌ی کوچک سبکی است که به ابزارهای هواشناختی و یک فرستنده‌ی رادیویی مجهز است. این جعبه با طناب به یک چتر و یک بادکنک پر از گاز متصل می‌شود (نگاره‌ی ٤). یک دماسنج کوچک برقی که در بیرون جعبه نصب شده هنگام صعودِ بادکنک دما را اندازه می‌گیرد. با گذراندن برق از یک صفحه‌ی پوشیده از کربن مقدار رطوبت نیز اندازه‌گیری می‌شود. یک فشارسنج کوچک که درون جعبه نصب شده فشار را اندازه می‌گیرد. امواج رادیویی همه‌ی این اطلاعات را به زمین مخابره می‌کنند. رایانه همه‌ی بسامدهای رادیویی ارسالی را به سرعت به مقادیر دما، رطوبت و فشار تبدیل می‌کند. برای سنجش نیمرخ عمودی باد می‌توان مسیر صعود رادیوساند را از روی زمین ردگیری کرد. {**یادداشت: امروزه بر روی رادیوساندها دستگاه موقعیت‌یاب جهانی هم نصب می‌شود که با ارسال موقعیت دقیق به رایانه‌ی زمینی، باد با دقت بیش‌تری محاسبه می‌شود.**} به این داده‌ها رادیوگمانه‌ی باد می‌گویند. پراکنش عمودی دما، رطوبت و باد بر روی نمودار ترسیم می‌شود و به آن گمانه می‌گویند. سرانجام بادکنک می‌ترکد و رادیوساند به زمین می‌افتد و چتر آن باز شده و از سرعتش می‌کاهد.

نگاره‌ی ٤ رادیوساند همراه با بادکنک و چتر.

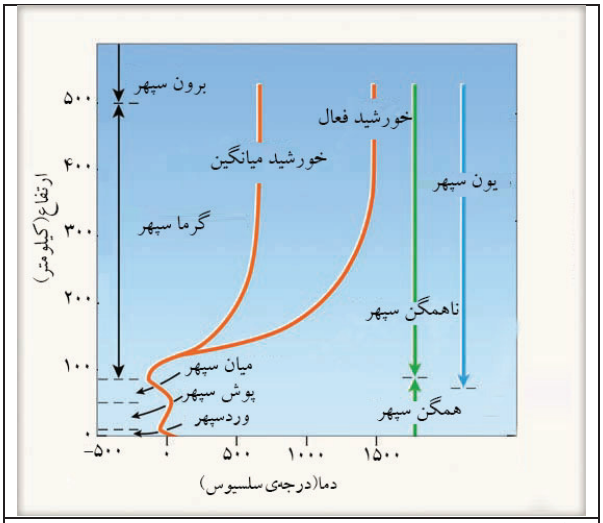
در بیش‌تر ایستگاه‌ها دو بار در شبانه‌روز (هنگام نیمه‌شب و هنگام نیمروز به وقت گرینیچ) رادیوساند هوا می‌کند. ارسال رادیوساند پرهزینه است چون ابزارهای درون جعبه دیگر پیدا نمی‌شوند و اگر هم پیدا شوند دیگر کارایی خوبی نخواهند داشت. امروزه ماهواره‌ها مکمل رادیوساندها هستند و با اندازه‌گیری انرژی تابشی، نیمرخ عمودی دمای مناطق دور از دسترس را فراهم می‌آورند.

مردمان در میان‌سپهر به جز خفگی آسیب‌های دیگری هم می‌بینند. مثلاً بخش‌هایی از بدن که در معرض تابش فرابنفش قرار می‌گیرد می‌سوزد. یا چون فشار هوا کم است خون در دمای معمولی بدن در رگ‌ها به جوش می‌آید.

چون در میان‌سپهر اوزونی نیست که تابش‌های خورشیدی را جذب کند با افزایش ارتفاع دما کاهش می‌یابد. در نتیجه جذبِ انرژی مولکول‌ها (به ویژه آن‌هایی که نزدیک سقف میان‌سپهر هستند) از پرتِ انرژی آن‌ها کم‌تر است. به همین دلیل

افتِ انرژی و سرمایش رخ می‌دهد. از این رو می بینیم که در میان‌سپهر با افزایش ارتفاع دما تا ارتفاع ۸۵ کیلومتری کاهش می‌یابد. در ارتفاع ۸۵ کیلومتری میانگین دما به کم‌ترین مقدار خود یعنی ۹۰- درجه‌ی سلسیوس می‌رسد.

لایه‌ی داغی که روی میان‌سپهر جاگرفته گرماسپهر نامیده می‌شود. مرز میان میان‌سپهرِ سرد و گرماسپهرِ گرم را میان‌ایست می‌نامند. در گرماسپهر مولکول‌های اکسیژن تابش‌های خورشیدی را جذب کرده و هوا گرم می‌شود. چون در گرماسپهر تعداد اتم‌ها و مولکول‌ها کم است تنها با جذب اندکی از تابش‌های خورشیدی دما افزایش زیادی پیدا می‌کند. از سوی دیگر چون مقدار تابش‌های خورشیدی، وابسته به میزان فعالیت‌های خورشیدی است دمای گرماسپهر هر روز تغییر می‌کند (●نگاره‌ی ۱۲-۱). چون چگالی هوا در گرماسپهر کم است میانگین مسیر آزاد یعنی میانگین فاصله‌ای که یک مولکول باید بپیماید تا به مولکول دیگری برخورد کند حدود یک کیلومتر است در صورتی که همین کمّیت در سطح زمین کم‌تر از یک میلیونیم سانتی‌متر است. افزون بر این مولکول‌های هوا در گرماسپهر با ذرات باردار خورشید واکنش کرده و شفق‌های درخشان قطبی را به وجود می‌آورند. در پاره‌ی دوم به تفصیل از این پدیده سخن خواهیم گفت.



●نگاره‌ی ۱۲-۱ لایه‌های هواسپهر بر اساس دما (خط سرخ)، ترکیب گازی (خط سبز) و ویژگی‌های الکتریکی (خط آبی). خورشیدِ فعال زمانی است که تعداد فوران‌های خورشیدی زیاد باشد.

در بالاتر از گرماسپهر نمی‌توان دما را مستقیماً اندازه گرفت چون چگالی هوا خیلی کم است. با این حال از روی تغییرات مدار ماهواره‌ها که به سبب نیروی پَسار هواسپهر پدید می‌آید می‌توان دما را تعیین کرد. با این که در این ارتفاع هوا بسیار بسیار تُنُک است اما آن اندازه مولکول وجود دارد که از برخورد آن‌ها با ماهواره‌ها از سرعت آن‌ها کاسته و ماهواره‌ها را به مدارهای اندکی پایین‌تر فرو می‌اندازد. دلیل سقوط ماهواره‌ی سولارماکس (دی ماه ۱۳۶۸) و پایگاه فضایی میر (اسفند ۱۳۷۹) همین بود. میزان نیروی پسار وابسته به چگالیِ هوا و چگالی هم وابسته به دما است. بر همین اساس دانشمندان با تعیین چگالی هوا می‌توانند نیمرخ عمودی دما را مشخص کنند.

در سقف گرماسپهر (۵۰۰ کیلومتری سطح زمین) یک مولکول هوا باید ده کیلومتر بپیماید تا به مولکول دیگری برخورد کند. بسیاری از مولکول‌های سبک و پرسرعتی که راست‌خط حرکت می‌کنند سرانجام از میدان گرانشی زمین می‌گریزند. قلمرویی که در آن اتم‌ها و مولکول‌ها به فضا می‌گریزند را برون‌سپهر می‌نامند.

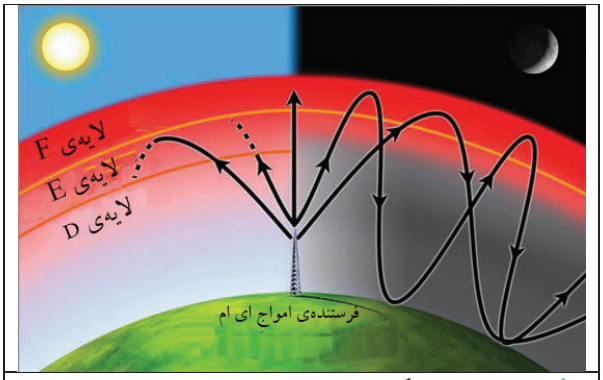
تا این جا به بررسی لایه‌بندی هواسپهر بر اساس نیمرخ دما پرداختیم. هواسپهر را بر اساس ترکیب هوا نیز می‌توان لایه‌بندی کرد. مثلاً از بخش پایینی گرماسپهر به بعد تغییر ترکیب هوا کم‌کم آغاز می‌شود. در زیر این بخش به دلیل آمیزش تلاطمی، ترکیب هوا نسبتاً یکنواخت (۷۸ درصد نیتروژن و ۲۱ درصد اکسیژن) است. این بخشِ درهم‌آمیخته را همگن‌سپهر می‌نامند (●نگاره‌ی ۱۲-۱). در گرماسپهر برخورد چندانی بین اتم‌ها و مولکول‌ها رخ نمی‌دهد و هوا هم‌آمیزی نمی‌یابد. به همین دلیل تفکیک رخ می‌دهد؛ یعنی مولکول‌ها و اتم‌های سنگین‌تر (اکسیژن و نیتروژن) در کف لایه و سبک‌ترها (هیدروژن و هلیوم) در سقف لایه جمع می‌شوند. قلمرویی که از کف گرماسپهر آغاز و تا سقف هواسپهر گسترش دارد را ناهمگن‌سپهر می‌نامند.

یون‌سپهر یون‌سپهر را نمی‌توان یک لایه‌ی واقعی دانست بلکه بخشی از هواسپهر بالایی است که غلظت یون‌ها و الکترون‌ها در آن زیاد است و به همین سبب ویژگی‌های الکتریکی دارد.

یون به اتم یا مولکولی گفته می‌شود که یک الکترون گرفته یا از دست داده باشد. هر گاه اتم نتواند تمامی انرژی دریافتی از خورشید یا انرژی ناشی از برخورد با ذره‌ای دیگر را جذب کند یک الکترون از دست داده و بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند.

بخش پایینی یون‌سپهر حدود ۶۰ کیلومتر از سطح زمین ارتفاع دارد و حد بالایی آن تا سقف هواسپهر کشیده می‌شود. بنابر این چنان که نگاره‌ی ۱۲-۱ هم نشان می‌دهد بخش عمده‌ی یون‌سپهر در دل گرماسپهر جا دارد.

یون‌سپهر نقش مهمی در برقراری ارتباطات رادیویی AM بازی می‌کند. بخش پایینی یون‌سپهر که ناحیه‌ی D نامیده می‌شود امواج رادیویی AM استاندارد را به سوی زمین بازتاب می‌دهد و در عین حال مقداری از آن را هم جذب کرده و موجب تضعیف آن می‌شود. در هنگام شب با ناپدید شدن ناحیه‌ی D امواج می‌توانند تا ارتفاع بالاتری در یون‌سپهر رخنه کرده و خود را به ناحیه‌های E و F برسانند (●نگاره‌ی ۱۳-۱). این دو لایه امواج رادیویی را به سوی زمین بازتاب می‌دهند. چون در هنگام شب مقدار جذب امواج رادیویی کم‌تر می‌شود این امواج بارها بین زمین و یون‌سپهر بازتاب می‌شوند. به همین دلیل امواج AM استاندارد می‌توانند شب‌هنگام تا صدها کیلومتر منتقل شوند.



●نگاره‌ی ۱۳-۱ در هنگام شب لایه‌ی بالایی یون‌سپهر (ناحیه‌ی F) امواج رادیویی AM را به شدت بازتاب می‌کند و امکان ارسال آن‌ها به فواصل دور دست را ممکن می‌سازد. در هنگام روز ناحیه‌ی D امواج رادیویی AM را به شدت جذب کرده و نمی‌گذارد به گیرنده‌های دور دست برسند.

در هنگام برآمدن و فروشدن آفتاب ایستگاه‌های رادیویی AM برای هماهنگی با تغییرات ویژگی‌های الکتریکی لایه‌ی D تنظیمات فنی لازم را انجام می‌دهند. هنگام شب که امواج ایستگاه تا فواصل دورتر منتقل می‌شود توان خروجی ایستگاه را کم می‌کنند. به این ترتیب امواج دو ایستگاه مجاور که در بسامد یکسانی برنامه پخش می‌کنند با هم تداخل پیدا نمی‌کند. هنگام روز که ناحیه‌ی D تقویت می‌شود ایستگاه‌ها هم توان خروجی خود را افزایش می‌دهند. چنین تنظیماتی برای ایستگاه‌های FM نیاز نیست چون امواج FM کوتاه‌تر از امواج AM هستند و در سراسر یون‌سپهر رخنه کرده و بازتاب نمی‌شوند.

بازخوانی

در چند بخش گذشته ساختار عمودی هواسپهر را بررسی کردیم. برخی از مهم‌ترین آموزه‌های گفته شده از این قرارند:

- فشار هوا در هر تراز نماینده‌ی کل جرم هوای موجود بر روی آن تراز است. فشار هوا همواره با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.
- آهنگ کاهش دما با افزایش ارتفاع را افتاهنگ می‌نامند.
- افزایش دما با افزایش ارتفاع وارونگی نامیده می‌شود.
- هواسپهر را بر اساس نیمرخ عمودی دما، ترکیب گازی و ویژگی‌های الکتریکی می‌توان به چندین لایه بخش کرد.
- گرم‌ترین لایه‌ی هواسپهر، گرماسپهر و سردترین لایه، میان‌سپهر است. بیش‌ترین مقدار اوزون در پوش‌سپهر است.
- ما در کف وردسپهر زندگی می‌کنیم. در این لایه با افزایش ارتفاع دما معمولاً کاهش می‌یابد. همه‌ی هواهایی که می‌شناسیم در همین لایه پدیدار می‌شوند.
- یون‌سپهر ناحیه‌ای الکتریکی از هواسپهر بالایی است که از ۶۰ کیلومتری سطح زمین تا سقف هواسپهر کشیده می‌شود.

اینک به آن دسته از رویدادهای جوی می‌پردازیم که در هواسپهر پایینی رخ می‌دهند. به یاد داشته باشید که آنچه در ادامه‌ی این پاره می‌آید اشاره‌هایی است به آن چه در پاره‌های بعدی کتاب به آن‌ها خواهیم پرداخت و هدف از بیان این دانسته‌ها و نگرش‌ها، آشنا کردن شما با مطالبی است که در مجلات و رسانه‌ها با آن‌ها روبرو می‌شوید.

هوا و آب و هوا

هنگامی که از هوا سخن می‌گوییم از وضعیت هواسپهر در یک زمان و مکان آنی و مشخص سخن گفته‌ایم. هوا که همواره در دگرگونی است از عناصر زیر ساخته شده است:

۱) دمای هوا که میزان گرمی و سردی آن را نشان می‌دهد.
۲) فشار هوا که نمایانگر نیرویی است که هوا بر سطح وارد می‌کند.
۳) ابرها یعنی انبوهی از قطره‌چه‌های ریز آب و/یا بلورهای یخ که در آسمان به چشم می‌آیند.
۴) بارش یعنی هر گونه آب، خواه جامد (برف) و خواه مایع (باران) که از ابر فروریخته و به زمین برسد.
۵) دیدِ افقی یعنی دورترین مسافتی که بتوان دید.
۶) باد یعنی جابه‌جایی افقی هوا.

اگر این عناصر هوی را در یک بازه‌ی زمانی معین مثلاً چندین سال دیده‌بانی کرده و اندازه بگیریم می‌توانیم میانگین هوای یک محل معین یعنی آب و هوای آن محل را به دست آوریم. بنابر این آب و هوا از برهم‌نهش هواهای روزها و فصل‌ها (میانگین هواها) در یک دوره‌ی زمانی بلند به دست می‌آید. البته آب و هوا در میانگین خلاصه نمی‌شود چون آب و هوا دربردارنده‌ی رویدادهای فرینی همچون امواج گرمایی تابستانه و امواج سرمایی زمستانه که در یک محل معین رخ می‌دهند نیز هست. بررسی بسامد این رویدادهای فرین امکان می‌دهد تا آب و هواهایی که از لحاظ میانگین همانند ولی از لحاظ رویدادهای فرین متفاوت هستند را از هم بازشناسیم.

اگر می‌شد هزاران سال زمین را زیر نظر بگیریم می‌دیدیم که آب و هوا نیز دستخوش دگرگونی می‌شود. رودهایی از یخ را می‌دیدیم که دره‌ها و یخچال‌ها (پهنه‌های بزرگ یخی) را شکافته و پنجه‌های بلورین‌شان را بر سراسر آمریکای شمالی گسترده بوده‌اند. یخچالی که به آرامی از کانادا به سوی آمریکا خزیده بود تا کانزاس و ایلینویز پیش آمده بوده و یخی به ستبرای چند هزار متر روی محلی که اکنون شیکاگو است را پوشانده بوده است. در یک بازه‌ی دو میلیون ساله چندین بار یخ‌ها به همین نحو پیشروی و پسروی کرده‌اند. البته برای آن که چنین پدیده‌ای رخ دهد دمای هوا باید به تناوب کاهش و افزایش یافته باشد.

اگر می‌شد هر هزار سال یک عکس از زمین بگیریم و این کار را صدها میلیون سال ادامه دهیم و این عکس‌ها را به صورت فیلم نمایش دهیم می‌دیدیم که نه تنها آب و هوا بلکه کل زمین پیوسته در دگرگونی است. کوه‌ها سر بر می‌آورند و فرسایش دو باره آن‌ها را فرو می‌فرساید؛ آتشفشان‌ها گازهای داغ و غبارهای ریز را در هواسپهر می‌پاشند و این سو و آن سو را لکه‌های بخار و دود می‌پوشاند؛ برخی از اقیانوس‌ها گسترش یافته و برخی کوچک می‌شوند و سطح زمین را پیوسته دستخوش دگرگونی می‌سازند. {یادداشت: جابه‌جایی قاره‌ها و کف اقیانوس‌ها در نظریه‌ی زمین‌ساخت صفحه‌ای بحث می‌شود.}

خلاصه این که زمین و هواسپهر سامانه‌های پویایی هستند که همواره در تغییرند. دگرگونی‌های کلانِ سطح زمین در بازه‌های زمانی بلند رخ می‌دهد در صورتی که حالت هواسپهر ظرف چند دقیقه دستخوش دگرگونی می‌شود. تنها کافی است سر به سوی آسمان بلند کنید تا این دگرگونی‌ها را ببینید.

تا این جا از هوا و آب و هوا سخن گفتیم اما از هواشناسی سخنی به میان نیاوردیم. ریشه‌ی این واژه چیست و به چه معناست؟

پیشینه‌ی کوتاه دانش هواشناسی هواشناسی عبارت است از پژوهش در باره‌ی هواسپهر و پدیده‌های آن. در انگلیسی هواشناسی را متئورولوجی می‌گویند. این واژه را نخستین بار یک فیلسوف یونانی به نام ارسطو به کار برد. وی حدود ۲۳۵۰ سال پیش کتابی در فلسفه‌ی طبیعی نوشت و آن را متئورولوجیکا نام گذاشت. این کتاب شامل دانسته‌های آن زمان درباره‌ی هوا، آب و هوا و مطالبی در خصوص ستاره‌شناسی، جغرافیا و شیمی بود. در این کتاب درباره‌ی ابرها، باران، برف، باد، تگرگ، تندر و توفند سخن به میان آمده است. در آن روزگار هر آن چه را از آسمان فرومی‌افتاد یا در آسمان جا داشت متئور می‌نامیدند. واژه‌ی متئورولوجی نیز که از واژه‌ی یونانی متئوروس گرفته شده به معنای آسمانی است. امروزه میان متئورهایی که منشأ فرازمینی دارند و از بیرون هواسپهر به آن وارد می‌شوند (متئورید) و ذرات آب و یخ که منشأ درونی دارند (هیدرومتئور) تفاوت می‌گذاریم.

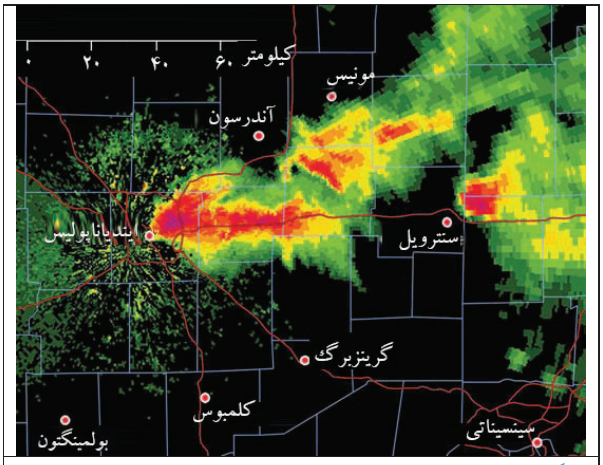
ارسطو در کتاب متئورولوجیکا می‌کوشد تبیینی فلسفی و ذهنی از پدیده‌های هواسپهر به دست دهد؛ و با این که بسیاری از ذهنیات وی نادرست بود اما تقریباً دو هزار سال دربست

پذیرفته شده بود. دانشمندان ایرانی، همین شاخه از دانش را آثار عُلوی می‌نامیدند و کتاب‌های ارزشمندی در این زمینه نگاشته‌اند. از آن میان ابوحاتم مظفر اَسفِزاری از دانشمندان ایرانی که ۹۰۰ سال پیش و هم زمان با حکیم عمر خیام می‌زیست در کتاب آثار علوی با دیدگاهی تجربی در باره‌ی پدیده‌هایی همچون شبنم و باران و برف و تگرگ و باد سخن گفته است.

هواشناسی نوین عملاً زمانی پا به عرصه‌ی وجود گذاشت که ابزارهای اندازه‌گیری اختراع شدند. فشارسنج در سال ۱۰۲۲ خورشیدی توسط توریچلی (۱۰۲۶-۹۸۷)، دماسنج در ۱۰۸۷ خورشیدی توسط دانیال جبرئیل فارنهایت (۱۰۶۵/۰۳/۰۴ تا ۱۱۱۵/۰۶/۲۵) و نم‌سنج مویین در سال ۱۱۶۲ خورشیدی توسط دوسوسور (۱۱۱۸/۱۱/۲۸ تا ۱۱۷۷/۱۱/۰۲) اختراع شد. از آن پس دانشمندان کوشیدند تا با بهره‌گیری از اندازه‌گیری‌هایی که با این ابزارها انجام شده بود و به یاری روش تجربی و به کمک قوانین فیزیکی که تا آن زمان شناخته شده بود برخی پدیده‌های هواسپهر را تبیین کنند.

در سده‌ی دوازدهم خورشیدی که ابزارهای اندازه‌گیریِ بیش‌تر و بهتری در دسترس قرار گرفت پیشرفت هواشناسی نیز آغاز شد. در سال ۱۲۲۲ خورشیدی تلگراف اختراع شد و امکان مخابره‌ی دیده‌بانی‌های روزانه را فراهم کرد. شناخت روشن‌تری از جریان هوا و جابه‌جایی توفان‌ها حاصل شد و در سال ۱۲۴۸ خورشیدی نخستین نقشه‌ی هوا که بر روی آن همفشارها نیز رسم شده بود تهیه شد. در سال ۱۲۹۹ خورشیدی مفاهیم توده‌هوا و جبهه در نروژ وضع شد. در دهه‌ی ۱۳۲۰ خورشیدی دیده‌بانی جو بالا هر روز انجام می‌شد و با اندازه‌گیری دما، نم و فشار تصویری سه بعدی از هواسپهر به دست آمد. هواپیماهای نظامی بلندپرواز نیز به وجود رودبادها پی بردند.

پس از جنگ جهانی دوم از رادارهای نظامی که بیکار مانده بود برای اندازه‌گیری بارش بهره‌برداری شد. در دهه‌ی ۱۳۷۰ خورشیدی رادارهای پیشرفته‌تری جایگزین رادارهای سنتی شدند. امواج رادارهای داپلر در توفان‌های تندریِ نیرومند رخنه می‌کند و چگونگی باد و وضع هوا را آشکار می‌سازد (●نگاره‌ی ۱۴-۱).



●نگاره‌ی ۱۴-۱ این تصویرِ رادار داپلر یک توفان تندری را نشان می‌دهد که در ایندیاناپولیس ایالت ایندیانا در بیست و پنجم فروردین ۱۳۸۵ رخ داده است. بخش سرخ تیره نماینده‌ی بارش سنگین باران و تگرگ است.

با پرتاب تیروس یک در سال ۱۳۳۹ خورشیدی روزگار هواشناسی ماهواره‌ای آغاز شد. ماهواره‌های بعدی داده‌های سودمند فراوانی شامل تصاویر شبانه و روزانه از ابرها و تصاویر نوارهای چرخان بخارآب که گرداگرد سیاره در حرکتند فراهم آوردند. از دهه‌ی ۱۳۷۰ خورشیدی بدین سو ماهواره‌های پیشرفته‌تری پا به میدان گذاشتند و داده‌هایی که این ماهواره‌ها در دسترس رایانه‌ها گذاشتند راه را برای پیش‌بینی دقیق‌تر هوا (حتی تا دو هفته‌ی آینده) باز کرد.

پس از این تاریخچه‌ی کوتاه به بررسی هواهایی که در سطح زمین رخ می‌دهند می‌پردازیم.

هوا از دریچه‌ی دید ماهواره‌ها

ماهواره‌های هواشناسی تصویر خوبی از هوا به دست می‌دهند. نگاره‌ی ۱۵-۱ تصویری ماهواره‌ای است که بخشی از اقیانوس اطلس و آمریکای شمالی را نشان می‌دهد. این تصویر را ماهواره‌ای زمین‌آهنگ از ارتفاع ۳۶۰۰۰ کیلومتری گرفته است. در این ارتفاع سرعت ماهواره با سرعت چرخش زمین یکسان است و در نتیجه ماهواره همواره بر فراز نقطه‌ی ثابتی از زمین می‌ماند و می‌تواند آن را پایش کند.