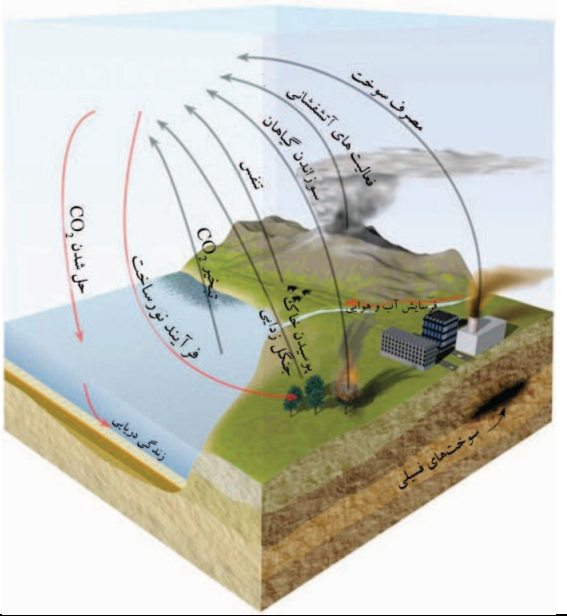
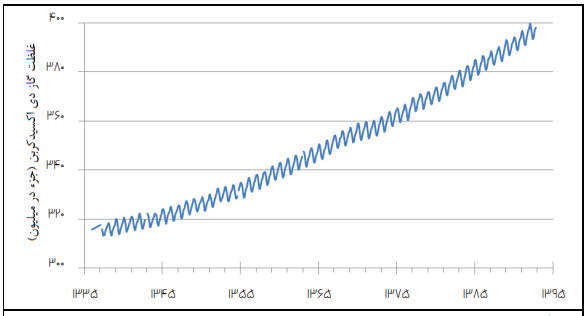
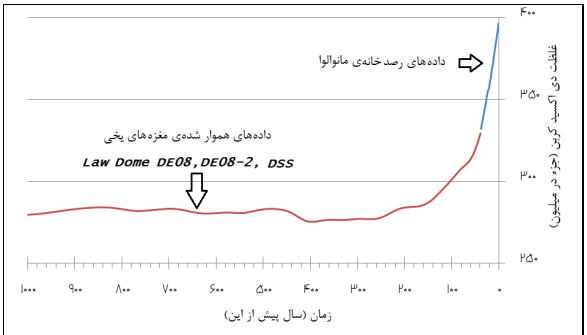


نگاره‌ی ۴-۱ بخش‌های اصلی گردش دی‌اکسیدکربن در هواسپهر. خطوط خاکستری نماینده‌ی فرایندهایی است که دی‌اکسیدکربن را در هواسپهر آزاد می‌کنند و خطوط سرخ دی‌اکسیدکربن را از هواسپهر بیرون می‌برند.

نگاره‌ی ۵-۱ نشان می‌دهد که از ۱۳۳۷ خورشیدی تاکنون غلظت دی‌اکسیدکربن هواسپهر بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته است. غلظت دی‌اکسیدکربن هواسپهر نخستین بار در همین سال در رصدخانه‌ی مونالوآ در هاوایی اندازه‌گیری شد. این افزایش گویای آن است که آهنگ افزودن دی‌اکسیدکربن به هواسپهر بیش از میزان برون‌رفت آن بوده است. به نظر می‌رسد این افزایش عمدتاً ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی بوده باشد اما جنگل‌زدایی هم در آن نقش داشته است به گونه‌ای که حدود ۲۰ درصد از افزایش دی‌اکسیدکربن ناشی از سوختن و پوسیدن الوار جنگلی است. بررسی حباب‌های ریز هوایی که در یخ‌های گرینلند و جنوبگان به تله افتاده‌اند نشان می‌دهد که میزان دی‌اکسیدکربن هواسپهر تا پیش از انقلاب صنعتی در حد ۲۸۰ جزء در میلیون ثابت بوده است (نگاره‌ی ۶-۱) در حالی که از آغاز سده‌ی سیزدهم خورشیدی تاکنون دی‌اکسیدکربن هوا بیش از ۳۷ درصد افزایش یافته است. آهنگ افزایش دی‌اکسیدکربن امروزه نزدیک به ۰/۴ درصد در سال (۱/۹ جزء در میلیون در سال) شده و دانشمندان برآورد می‌کنند که تا سال ۱۴۸۰ خورشیدی مقدار دی‌اکسیدکربن از ۳۸۵ به ۵۰۰ جزء در میلیون برسد.



نگاره‌ی ۵-۱ سنجش دی‌اکسیدکربن در رصدخانه‌ی مانوالوای هاوایی بر حسب جزء در میلیون. فرازها مربوط به زمستان است که گیاهان می‌میرند و در هوا دی‌اکسیدکربن آزاد می‌کنند. فرودها مربوط به تابستان است که گیاهان شکوفا می‌شوند و دی‌اکسیدکربن هوا را می‌گیرند. می‌بینید که از سال ۱۳۳۷ خورشیدی تاکنون مقدار دی‌اکسیدکربن هوا بیش از ۲۰ درصد افزایش یافته است.



نگاره‌ی ۶-۱ مقدار دی‌اکسیدکربن هوا طی هزار سال گذشته بر اساس داده‌های مغزه‌ی یخی جنوبگان (خط سرخ) و داده‌های رصدخانه‌ی مانوالوای هاوایی (خط آبی) بر حسب جزء در میلیون.

دی اکسیدکربن نیز همانند بخارآب، گازی گلخانه‌ای است و بخشی از تابش‌های بلند زمینی را به دام می‌اندازد. پس اگر همه چیز ثابت بماند و فقط دی‌اکسیدکربن افزایش یابد دمای سطح زمین هم افزایش خواهد یافت. میانگین دمای سطحیِ زمین در طی ۱۰۰ سال گذشته حدود ۰/۸ درجه‌ی سلسیوس افزایش یافته است. مدل‌های ریاضی که اوضاع آینده‌ی هواسپهر را پیش‌بینی می‌کنند برآورد کرده‌اند که اگر افزایش دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای با همین آهنگ ادامه یابد دمای سطح زمین تا پایان همین سده‌ی میلادی ۳/۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش خواهد یافت. گرمایش جهانی پیامدهای

دامنه‌داری خواهد داشت که بالا آمدن تراز آب اقیانوس‌ها و آب شدن شتابانِ یخ‌های قطبی از آن جمله‌اند.

به جز دی‌اکسیدکربن و بخارآب گازهای گلخانه‌ای دیگری هم هست. این گازها نیز توجه دانشمندان را جلب کرده‌اند چون غلظت آن‌ها نیز رو به افزایش است. متان (CH_4)، اکسیدنیتروس (N_2O) و کلروفلوروکربن (CFC_s) از این جمله‌اند. {یادداشت: چون این گازها همچون دی‌اکسیدکربن درصد کوچکی از حجم هوا را در بر می‌گیرند به مجموعه‌ی آن‌ها گازهای کمیاب می‌گویند.}

مثلاً در طی سده‌ی گذشته غلظت متان ۰/۵ درصد در سال افزایش داشته است. ظاهراً باکتری‌هایی که مواد آلی گیاهی موجود در شالیزارها و باتلاق‌های کم‌اکسیژن را می‌شکنند و کنش‌های زیستی موریانه‌ها و واکنش‌های زیستی – شیمیایی درون دستگاه گوارش گاوها بخش زیادی از این متان را تولید می‌کند. دلیل افزایش شتابان میزان متان در دست بررسی است. آهنگ افزایش اکسیدنیتروس که مردم آن را به نام گاز خنده می‌شناسند حدود ۰/۲۵ درصد در سال است. برخی از باکتری‌ها و میکروب‌های خاک مسئول تولید این گاز هستند. نور فرابنفش خورشید این گاز را نابود می‌کند.

کلروفلوروکربن‌ها گروهی از گازهای گلخانه‌ای هستند که غلظت آن‌ها اخیراً رو به افزایش گذاشته است. در گذشته از این گازها در افشانه‌ها استفاده می شد اما امروزه عمدتاً در دستگاه‌های سرماساز و در ساخت روکش‌های عایق پلاستیکی و در تمیز کردن مدارهای الکترونیک کاربرد دارند. گرچه غلظت این گازها بسیار کم است اما اثر آن‌ها بر هواسپهر بسیار زیاد است؛ چرا که هم می‌توانند دمای سیاره را افزایش دهند و هم می‌توانند اوزون پوش‌سپهر (در ارتفاع ۱۱ تا ۵۰ کیلومتری سطح زمین) را نابود کنند.

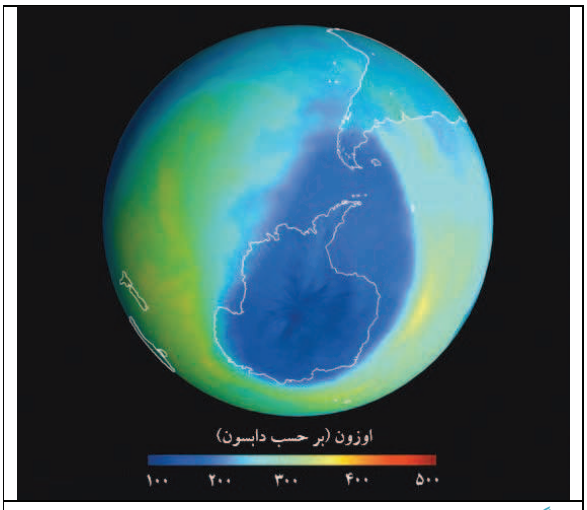
اوزون ماده‌ی اصلی دودمه‌های فتوشیمیایی سطح زمین هم هست که موجب آسیب به گیاهان و سوزش چشم و گلو می‌شود. البته بخش بزرگی از اوزون (۹۷ درصد) در هواسپهر بالایی (پوش‌سپهر) یافت می‌شود. {یادداشت:دودمه از ترکیب دو واژه‌ی دود و مه ساخته شده است. امروزه این واژه معمولاً در خصوص لایه‌ی تیره‌ای که روی شهرهای بزرگ مانند تهران را می‌پوشاند به کار می‌رود. چون شکل‌گیری این لایه با واکنش‌های شیمیایی که در زیر نور خورشید انجام می‌پذیرد پیوند دارد به آن دودمه فتوشیمیایی می‌گویند.} در این بخش از هواسپهر اتم‌های اکسیژن به طور طبیعی با مولکول‌های اکسیژن ترکیب شده و اوزون می‌سازند. میانگین غلظت اوزون در این بخش از هواسپهر کمتر از ۰/۰۰۲ درصد از حجم هوا است. البته همین مقدار ناچیز بسیار با اهمیت است چرا که اوزون، سپر و جان‌پناهِ گیاهان، جانوران و مردمان در برابر تابش‌های زیانبار فرابنفش خورشید است. شگفت این که اوزون در سطح زمین همچون یک آلاینده به گیاهان آسیب می‌رساند اما همین اوزون در هواسپهر بالایی همچون سپری استوار جان‌پناه همه‌ی جانداران روی زمین است.

آب در کشتی هلاک کشتی است آب اندر زیر کشتی پشتی است

مثنوی معنوی

هرگاه کلروفلوروکربن‌ها وارد هواسپهر شوند تابش‌های فرابنفش، آن‌ها را شکسته و کلر آزاد می‌شود. کلر نابودکننده‌ی اوزون است و به همین دلیل در بخش‌هایی از نیمکره‌ی شمالی و جنوبی از غلظت اوزونِ پوش‌سپهر کاسته شده است. کاهش اوزون پوش‌سپهر در طی بهارِ نیمکره‌ی شمالی بر روی منطقه‌ی جنوبگان چنان شدید بوده که در ماه‌های شهریور و مهر بر روی این منطقه یک حفره‌ی اوزون پدید آمده است.

●نگاره‌ی ۷–۱ گستردگی حفره‌ی اوزون که در مهر ۱۳۸۳ بر روی جنوبگان شکل گرفت را نشان می‌دهد.



●نگاره‌ی ۷–۱ تیره‌ترین بخش، کم اوزون‌ترین بخش‌هاست. این همان حفره‌ی اوزون است که در اول مهر ۱۳۸۳ بر روی جنوبگان شکل گرفت. می‌بینید

که این حفره از قاره‌ی جنوبگان هم بزرگ‌تر است. یکای دابسون نمایانگر ستبرای لایه‌ی اوزون در صورت فشرده شدن اوزون در سطح زمین است. ۵۰۰ دابسون برابر ۵ میلی‌متر است.

در هواسپهر آلایش‌های دیگری هم وجود دارد که سرچشمه‌ی طبیعی یا بشری دارند: باد، ذرات غبار و خاک را از سطح زمین بلند کرده و بالا می‌برد، امواج دریا ذرات ریز آب شور را به هوا می‌پاشند و پس از تبخیر، ذرات ریز نمک در هواسپهر شناور می‌مانند، دودِ ناشی از سوختن جنگل‌ها غالباً تا ارتفاع زیاد بالا می‌رود و فوران‌های آتشفشانی چندین تن ذرات ریز خاکستر را به هوا می‌پاشند (●نگاره‌ی ۸-۱). مجموع این ذرات جامد یا مایعِ شناور در هوا که ترکیبات گوناگونی دارند هواویز نامیده می‌شوند.

●نگاره‌ی ۸-۱ در طی فوران‌های آتشفشانی چندین تن از ذرات جامد همراه با مقادیر بسیار زیادی بخارآب، دی‌اکسیدکربن و دی‌اکسیدگوگرد وارد هواسپهر می‌شود.

برخی از این آلایش‌های طبیعی که در هواسپهر یافت می‌شوند بسیار سودمندند. مثلاً ذرات ریز شناور در هوا همچون سطح چگالش عمل کرده و موجب پیدایش ابر می‌شوند. اما اغلبِ آلایش‌های ساخته‌ی دست بشر و برخی از آلایش‌های طبیعی دردسر آفرینند و زیان‌های بهداشتی دارند که به آن‌ها آلودگی گفته می‌شود. مثلاً موتور خودروها مقادیر بسیار زیادی دی‌اکسیدنیتروژن (NO_2)، منواکسیدکربن (CO)، و هیدروکربن تولید می‌کند. دی‌اکسید نیتروژن و هیدروکربن‌ها همراه با چند گاز دیگر در زیر نور خورشید واکنش کرده و اوزون می‌سازند. منواکسیدکربن از آلاینده‌های اصلی هوای شهرهاست. این گازِ سمی، بی‌رنگ و بی‌بو، از سوختن ناقص سوخت‌های کربن‌دار حاصل می‌شود. ۷۵ درصد منواکسیدکربن مناطق شهری را خودروها تولید می‌کنند.

سوخت‌های گوگرددار (مانند زغال‌سنگ و نفت) هنگام سوختن گاز بی‌رنگ دی‌اکسیدگوگرد (SO_2) در هوا آزاد می‌کنند. هرگاه هوا به اندازه‌ی کافی مرطوب باشد دی‌اکسیدگوگرد به چکه‌های ریز و رقیق تیزاب (اسیدسولفوریک) تبدیل می‌شود. باران‌هایی که دارای چنین چکه‌هایی باشند موجب خوردگی فلزات و سطوح رنگ‌شده می‌شوند و آب دریاچه‌ها را اسیدی می‌کنند. باران اسیدی بویژه در بادپناه مناطق بزرگ صنعتی دردسر زیست‌محیطی کلانی است. از این گذشته اگر غلظت دی‌اکسیدگوگرد زیاد باشد برای مردم دردسرهای تنفسی بزرگی مانند نزله‌ی نایچه و تورم ایجاد می‌کند و بر روی گیاهان هم اثر بد می‌گذارد.

هواسپهر آغازین هواسپهری که در آغاز، گرداگرد زمین را پوشانده بود بسیار متفاوت از چیزی است که امروزه تنفس می‌کنیم. به احتمال زیاد هواسپهر زمین در آغاز (۴/۶ میلیارد سال پیش) شامل هیدروژن و هلیوم (یعنی فراوان‌ترین گازهای هستی) و ترکیبات هیدروژن، مانند متان (CH_4) و آمونیاک (NH_3) بوده است. شمار زیادی از دانشمندان بر این باورند که گازهای این هواسپهر آغازین از گرداگرد سطح داغ زمین به فضا گریخته‌اند. سپس گازهای ناشی از سنگ‌های مذاب درونِ زمین از راه فوران‌های آتشفشانی و بخارفشان‌ها به بیرون گریخته و این بار هواسپهر فشرده‌تری را گرداگرد زمین پدید آورده‌اند. گمان می‌رود که ترکیب گازی این فوران‌های آتشفشانی با آن چه امروزه می‌بینیم یکسان بوده باشد یعنی عمدتاً شامل بخارآب (۸۰ درصد)، دی‌اکسیدکربن (۱۰ درصد) و چند درصد هم نیتروژن بوده باشند. بنابر این دومین هواسپهر زمین می‌توانسته عمدتاً شامل بخارآب و دی‌اکسیدکربن بوده باشد.

میلیون‌ها سال گذشت و تراوش پیوسته‌ی گازها از درونِ داغ زمین که آن را گازدهی می‌نامند مقدار زیادی بخارآب فراهم آورد که به پیدایش ابرها انجامید. {یادداشت:امروزه بر این باورند که برخورد شمار زیادی از شخانه‌ها و تکه‌های دنباله‌دارهای فروپاشیده به زمینِ جوان، سرچشمه‌ی پیدایش

آب بر روی زمین بوده است.} باران به مدت هزاران سال باریدن گرفت و رودها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌های جهان را پدید آورد. در همین مدت دی‌اکسیدکربن نیز در آب اقیانوس‌ها حل می‌شد. بخش زیادی از دی‌اکسیدکربن از راه فرایندهای شیمیایی و زیستی در سنگ‌های رسوبی کربناته (مانند سنگ‌آهک) به دام افتاد. آن گاه که عمده‌ی بخارآب هواسپهر چگالش یافت و غلظت دی‌اکسیدکربن هم آرام‌آرام رو به کاهش گذاشت هواسپهر کم‌کم از نیتروژن (N_2) که از نظر شیمیایی غیرفعال است سرشار شد. ظاهراً غلظت اکسیژن (O_2) که دومین گاز فراوان در هواسپهر کنونی است احتمالاً با آهنگی بسیار کند و به کمک پرتوهای پرانرژی خورشید که در طی فرایندی به نام نورشکافت مولکول‌های آب را به اکسیژن و هیدروژن می‌شکند افزایش یافته است. هیدروژن که سبک‌تر است بالا رفته و به فضای کیهانی گریخته ولی اکسیژن در هواسپهر مانده است.

حدود ۲ تا ۳ میلیارد سال پیش افزایش آرام اکسیژن توانسته میزان این گاز را به اندازه‌ای که برای پیدایش گیاهان آغازین بسنده بوده برساند. شاید هم گیاهان در محیطی بی‌هوازی (بدون اکسیژن) پدید آمده باشند. در هر حال بالندگی گیاهان، هواسپهر را سرشار از اکسیژن کرد. چرا که گیاهان در طی فرایند نورساخت دی‌اکسیدکربن و آب را به کمک نور خورشید در هم آمیخته و اکسیژن آزاد می‌کنند. از همین رو پس از پیدایش گیاهان میزان اکسیژن هواسپهر به سرعت افزایش یافت و احتمالاً حدود چند صد میلیون سال پیش هواسپهر به ترکیب کنونی رسید.

بازخوانی

پیش از آن که به بخش‌های بعدی بپردازیم برخی از مهم‌ترین دانسته‌هایی که تاکنون بررسی کرده‌ایم را بازخوانی می‌کنیم.

- هواسپهر زمین آمیزه‌ای از چندین گاز است. در نزدیکی سطح زمین حجم معینی از هوای خشک شامل حدود ۷۸ درصد نیتروژن (N_2) و حدود ۲۱ درصد اکسیژن (O_2) است.
- بخارآب کم‌تر از ۴ درصد حجم هوای نزدیک سطح زمین را اشغال می‌کند. بخارآب، چگالش می‌یابد و به قطره‌چه‌های ابر یا بلورهای نازک یخ تبدیل می‌شود. آب تنها ماده‌ای است که در هوا به طور طبیعی به سه حالت گاز (بخارآب)، مایع (آب) و جامد (یخ) دیده می‌شود.
- بخارآب و دی‌اکسیدکربن هر دو از گازهای مهم گلخانه‌ای هستند.
- اوزونِ پوش‌سپهر جانداران را از تابش‌های زیان‌بخش فرابنفش خورشید در پناه خود نگه می‌دارد. اوزونِ سطحی از اجزاء اصلی دودمه‌های فتوشیمیایی است.
- گمان می‌رود عمده‌ی آبی که بر روی سیاره‌ی ما است از درونِ داغ زمین سرچشمه گرفته و طی فرایند گازدهی آزاد شده باشد.

ساختار عمودی هواسپهر

نیمرخ عمودی هواسپهر آشکار می‌سازد که هواسپهر را می‌توان به چندین لایه بخش کرد. این لایه‌ها را می‌توان به شیوه‌های گوناگون تعریف کرد: از روی چگونگی تغییر دما، از روی گازهای تشکیل دهنده‌ی هوا و یا حتی از روی ویژگی‌های الکتریکی. در هر حال پیش از آن که به بررسی این لایه‌ها بپردازیم باید به نیمرخ عمودی دو متغیر مهم نگاهی بیاندازیم: یکی فشار هوا و دیگری چگالی هوا.

نگاهی به فشار و چگالی هوا پیش از این آموختیم که بخش بزرگی از هواسپهر در نزدیکی سطح زمین انباشته شده است چرا که گرانش، مولکول‌های هوا را نیز همچون همه‌ی دیگر مواد، در نزدیکی سطح زمین نگه می‌دارد. این نیروی توانمند ولی نادیدنی، هوا را پایین کشیده و فشرده می‌کند. در نتیجه مولکول‌های هوا به هم نزدیک‌تر شده و تعداد آن‌ها در حجم معینی از هوا افزایش می‌یابد. هرچه هوای موجود بر فراز یک ترازِ معین بیش‌تر باشد مقدار فشردگی هم بیش‌تر خواهد شد.

گرانی، بر وزن اجسام (و از آن جمله هوا) اثر دارد. در واقع وزن همان نیرویی است که گرانی بر اجسام وارد می‌کند. وزن عبارت است از جرم جسم ضرب در شتاب گرانی

$$\text{وزن} = \text{جرم} \times \text{گرانی}$$

جرم هر جسم برابر مقدار ماده‌ی سازنده‌ی آن است. در نتیجه جرم هوایی که در یک ظرف صُلب قرار دارد در همه جای هستی یکسان است. یعنی اگر می‌توانستید همین ظرف را به ماه

ببرید جرم آن تغییری نمی‌کرد ولی چون شتاب گرانی ماه کم‌تر از زمین است وزن آن کاهش می‌یافت.

جرم بر حسب گرم (g) و کیلوگرم (kg) و حجم بر حسب سانتی‌متر مکعب (cm^3) و متر مکعب (m^3) سنجیده می‌شود. در نزدیکی تراز دریا چگالی هوا حدود ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب است.

چگالی هوا یا هر ماده‌ی دیگر، وابسته به جرم اتم‌ها و مولکول‌های آن ماده و نیز فاصله‌ی میان آن‌ها است. به بیان دیگر چگالی نمایانگر مقدار ماده‌ای است که در حجم معینی جا گرفته است. چگالی را به اشکال مختلف می‌توان بیان کرد. چگالیِ مولکولیِ هوا عبارت است از تعداد مولکول‌های موجود در یک حجم معین. البته اکثراً چگالی را به صورت جرم هوای موجود در حجم معین بیان می‌کنند.

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

چون تعداد مولکول‌هایی که در حجم معینی از هوایِ تراز دریا وجود دارد خیلی بیش از تعداد مولکول‌هایی است که در حجم معینی از هوایِ نقاط فرازمندترِ هواسپهر یافت می‌شود چگالی هوا در تراز دریا بیش‌تر است و با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. اگر به •نگاره‌ی ۹-۱ دقت کنید درمی‌یابید که چون هوای نزدیک سطح زمین فشرده‌تر است طبیعتاً چگالی هوا با افزایش ارتفاع در ابتدا به تندی کاهش می‌یابد و با دور شدن از سطح زمین آهنگ کاهش آن آرام‌تر می‌شود.

مولکول‌های هوا پیوسته در جُنب و جُوشند. در یک روز آرام بهاری هر مولکول هوایِ نزدیک سطح زمین در هر ثانیه حدود ده میلیارد بار با دیگر مولکول‌ها برخورد می‌کند. همین مولکول‌ها به همه‌ی چیزهای دیگری مانند خانه‌ها، گل‌ها، زمین و مردم برخورد می‌کنند. هر بار که یک مولکول هوا به چیزی برخورد می‌کند اندکی آن را می‌فشارد. هر چه جرم مولکول و سرعت آن (سرعت × جرم = تکانه) بیش‌تر باشد در هنگام برخورد نیروی بیش‌تری وارد می‌آورد. اگر مجموع این نیروهای ناچیز (فشردن) را بر سطحی که نیرو بر آن وارد می‌شود بخش کنید به مفهومی به نام فشار دست می‌یابید

$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{مساحت}}$$

وزن ستونی از هوا به مساحت یک سانتی‌مترمربع که از میانگین تراز دریا تا سقف هواسپهر امتداد داشته باشد حدود یک کیلوگرم است. اگر تعداد مولکول‌هایی که در این ستون هوا گرد آمده‌اند بیش‌تر شود چگالی آن بیش‌تر می‌شود، وزن آن بیش‌تر می‌شود و فشارِ سطحی (فشار در کفِ ستونِ هوا) افزایش می‌یابد. از سوی دیگر چنانچه تعداد مولکول‌های هوا کم‌تر شود وزن ستون هوا کمتر شده و فشارِ سطحی کاهش می‌پذیرد. بنابر این با تغییر جرم هوای موجود بر فرازِ سطح مورد نظر فشار سطحی تغییر می‌کند.

کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تنها یکی از راه‌های بیان فشار است. امروزه برای نشان دادن فشار بر روی نقشه‌های هوا بیش‌تر از یکای میلی‌بار (mb) استفاده می‌شود. {یادداشت:یک بار برابر است با نیرویی برابر صدهزار نیوتن (N) که بر سطحی معادل یک متر مربع (m^2) اعمال شود. یک نیوتون مقدار نیرویی است که در هر ثانیه تندی جسمی به جرم یک کیلوگرم را یک متر بر ثانیه افزایش دهد. چون بار، یکای بزرگی است و تغییرات فشار سطحی معمولاً کوچک است بر روی نقشه‌های هوا از یکای میلی‌بار بهره می‌برند. هر بار برابر هزار میلی‌بار است. در دستگاه بین‌المللی یکاها یکای فشار پاسکال است. پاسکال برابر یک نیوتن نیرو است که بر یک متر مربع اعمال شود. هکتوپاسکال هم یکای متداولی است. یک هکتوپاسکال برابر یک میلی‌بار است} بر روی نقشه‌های فشارِ تراز دریا یکای هکتوپاسکال (hPa) کم‌کم جایگزین میلی‌بار می‌شود. سانتی‌مترجیوه (cmHg) نیز از دیگر یکاهای اندازه‌گیری فشار است که بیش‌تر در هوانوردی کاربرد دارد. فشار متعارف (استاندارد) هوا در تراز دریا برابر است با

$$۱۰۱۳/۲۵\text{mb} = ۱۰۱۳/۲۵\text{hPa} = ۷۶\text{cmHg}$$

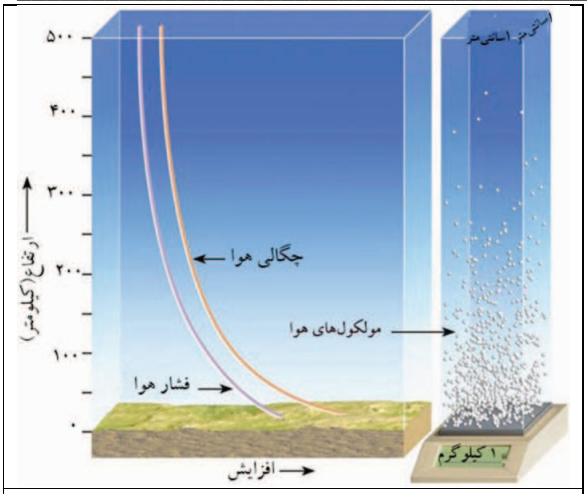
میلیاردها مولکول هوا پیوسته بدن مردمان را می‌فشارند. این نیرو در تمام جهات به یک اندازه اِعمال می‌شود ولی ما را در هم نمی‌فشرد؛ چرا که مولکول‌های درون بدن درست به همان اندازه به طرف بیرون نیرو وارد می‌کنند؛ گرچه ما این نیرو را حس نمی‌کنیم. اگر به سرعت ارتفاع بگیریم گوش‌هایمان می‌گیرد زیرا فشار محیط بر پرده‌ی گوش کم‌تر می‌شود. تا زمانی

که برخورد مولکول‌ها با دو طرف پرده‌ی گوش یکسان نشود گرفتگی گوش ادامه می‌یابد. کاهش تعداد برخورد مولکول‌ها به بیرون پرده‌ی گوش آشکار می‌سازد که فشار حاصل از مولکول‌های هوا با دور شدن از سطح زمین کاهش می‌یابد. هرگاه به سرعت ارتفاع کم کنیم دوباره گوشمان می‌گیرد چون تعداد برخورد مولکول با بیرون پرده‌ی گوش افزایش می‌یابد.

{۲} دیده‌بان

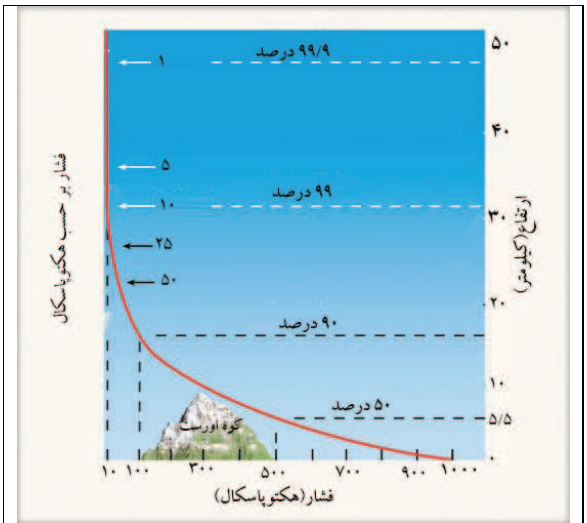
چای در آذربایجان نوشیدنی پرطرفداری است. اما یک استکان چای در تبریز همان عطر و طعمی را دارد که در شهرکرد؟ تا آن جا که به هوا مربوط می‌شود پاسخ این پرسش منفی است. معلوم است که با آبِ سرد یا حتی آبِ گرم چایِ خوش‌عطر عمل نمی‌آید؛ بلکه آب جوش لازم است. اما تبریز حدود ۱۳۶۰ متر از تراز دریا ارتفاع دارد و میانگین فشار هوای آن حدود ۸۶۴ هکتوپاسکال است. در تبریز آبِ سماور نه در صد درجه‌ی سلسیوس بلکه در ۹۵ درجه‌ی سلسیوس به جوش می‌آید. اگر سماورتان در شهرکرد یعنی در ارتفاع ۲۰۵۰ متری بود که فشار هوا حدود ۷۹۵ هکتوپاسکال است آب آن در دمای ۹۳ درجه‌ی سلسیوس به جوش می‌آمد. خوب حالا شما داوری کنید چای سماور تبریزی‌ها بهتر دم می‌کشد یا چای شهرکردی‌ها؟ بی سبب نیست که چای نوشیدنی دلخواه تبریزی‌ها است.

مولکول‌های هوا آزادانه به هر سو می‌جهند، می‌گردند، می‌چرخند و به همه‌ی اجسام پیرامون خود برخورد می‌کنند؛ یعنی فضا اشغال می‌کنند. همین مولکول‌ها چنان که دیدیم وزن دارند. برخلاف تصور مردم هوا خیلی هم سنگین است. جرم کلِ هوای گرداگرد زمین به $۵/۱۳۶ \times ۱۰^{۱۸} kg$ می‌رسد. وزن مولکول‌های هوا به زمین نیرو وارد می‌کند. مقدار نیرویی که هوا بر واحد سطح وارد می‌کند فشار هواسپهر یا فشار هوا نامیده می‌شود. فشار هوا در هر تراز از هواسپهر بر حسب جرم کل هوای فراز آن سنجیده می‌شود. هر چه بالاتر رویم تعداد مولکول‌های کم‌تری بر فراز ما قرار می‌گیرند و در نتیجه فشار هوا *همواره* با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. همانند چگالی، فشار هوا نخست به تندی کاهش می‌یابد و با افزایش ارتفاع آهنگ کاهش آن کندتر می‌شود (●نگاره‌ی ۹-۱).



●نگاره‌ی ۹-۱ با افزایش ارتفاع فشار و چگالی هوا کاهش می‌یابند. وزن تمامی مولکول‌های هوا که بر فراز سطح زمین قرار گرفته فشاری برابر یک کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع ایجاد می‌کند.

●نگاره‌ی ۱۰-۱ نیز مقدار افت فشار با افزایش ارتفاع را نشان می‌دهد. در نزدیکی تراز دریا فشار هوا عموماً نزدیک ۱۰۰۰ هکتوپاسکال است و با هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع حدود ۱۰ هکتوپاسکال افت می‌کند. ●نگاره‌ی ۱۰-۱ نشان می‌دهد که اگر فشار تراز دریا را ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بگیریم در ارتفاع ۵/۵ کیلومتری فشار هوا به نصف مقدار آن در تراز دریا یعنی ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌رسد. این بدان معناست که اگر در ارتفاع ۵/۵ کیلومتری باشید نیمی از مولکول‌های هواسپهر بر فراز شما و نیمی از آن‌ها زیر پای شماست.



●نگاره‌ی ۱۰-۱ با افزایش ارتفاع، فشار به تندی کاهش می‌یابد. در ارتفاع ۵/۵ کیلومتری که فشار هوا ۵۰۰ هکتوپاسکال است نیمی از هواسپهر زیر پای شماست.