

جزوه درس هوا و اقلیم شناسی

(جلسات اول تا چهارم)

فهرست درس

- فصل اول- کلیات
- فصل دوم- ساختار اتمسفر
- فصل سوم- تابش
- فصل چهارم- دمای هوا و خاک
- فصل پنجم- رطوبت
- فصل ششم- فشار
- فصل هفتم- باد
- فصل هشتم- توده های هوا و جبهه ها
- فصل نهم- ابرها و بارندگی
- فصل دهم- تبخیر و تبخیر- تعرق
- فصل یازدهم- طبقه بندی های اقلیمی

- پوشش گازی شکلی که اطراف کره زمین را احاطه کرده است را **اتمسفر** یا **نیوار** می گویند.

دانش مطالعه پدیده‌های نیواری را هواشناسی می نامند .

اقسام متئورهای هواشناسی

1. **متئورهای آبگین:** این گروه متئورها ، از ذرات آب تشکیل شده اند که ممکن است از سطح آب ، خاک و یا گیاهان ، تحت تاثیر نیروی باد و انرژی حاصل از تابش خورشیدی ، وارد آسمان شوند. مانند باران ، برف ، تگرگ و ...
2. **متئورهای خاکی:** اینها از مورد جامدی که از سطح خاک کنده شده و وارد اتمسفر می شوند، تشکیل یافته اند. مثل گرد و خاک ، ذرات شن ، گرده های گیاهی و ...
3. **متئورهای نوری:** این گروه متئورها براثر شکست ، انعکاس ، پخش و انتشار امواج نورانی در اتمسفر زمین ایجاد می شوند. مانند رعد و برق و شفقه های قطبی

دیده‌بانی هواشناسی

- مجموعه عملیاتی که به منظور بدست آوردن اطلاعاتی راجع به اتمسفر در يك زمان خاص و دريك مكان خاص صورت می گیرد، دیده‌بانی هواشناسی می‌گویند.
- این دیده بانی شامل اندازه گیری های مربوط به دما ، رطوبت ، فشار ، سرعت و جهت باد، شدت و مدت تابش و... می باشد.

اقسام دیده‌بانهای هواشناسی عبارتند از:

1. دیده‌بانهای مربوط به سطح
2. دیده‌بانهای جو بالا که به لایه های بالایی اتمسفر مربوط می شوند .

مکانهای دیدبانی

- محلی که دیده‌بانیهای هواشناسی در آن انجام می‌گیرد، **ایستگاه هواشناسی** می‌گویند.
- در يك ایستگاه هواشناسی ، ادوات اندازه گیری عوامل و عناصر جوی نصب شده اند.

انواع ایستگاههای هواشناسی عبارتند از :

1. **ایستگاههای بارانی سنجی:** در آنها فقط ریزشهای جوی اعم از باران و برف اندازه گیری میشود.
2. **ایستگاههای کلیما تلوژی:** در این ایستگاهها عوامل جوی نظیر بارندگی ، دمای هوا ، دمای خاک ، رطوبت جوی ، تبخیر ، جهت و سرعت باد، مقدار ابر و وضع هوا اندازه گیری میشوند.

3- ایستگاههای سینوپتیک: در این ایستگاهها علاوه بر اندازه گیریهای مذکور، فشار هوا و جهت حرکت ابرها نیز اندازه گیری می‌شوند.

4- ایستگاههای جو بالا: در این ایستگاهها، اندازه گیری های مربوط به ایستگاههای سینوپتیک و نیز فشار، دما، رطوبت، جهت و سرعت باد در ارتفاعات مختلف اندازه گیری می شود.

5- ایستگاههای هواشناسی کشاورزی: در این ایستگاهها علاوه بر دیده‌بانیهای معمولی، دیده‌بانیهای فنولوژی و اندازه گیری عواملی که در تخمین نیاز آبی گیاهان و تبادل بخار آب، CO₂ و سایر عوامل مؤثر در رشد گیاهان، انجام می‌گیرد.

مخابره اطلاعات حاصل از دیده بانی

- در ایستگاههای ذکر شده اطلاعات بمنظور مخابره شدن بایستی به صورت کد در آیند و سپس به صورت کدهای مخصوص به مرکز مخابره شوند. برای هر ایستگاه يك شماره منطقه و يك شماره ایستگاه داریم که مشخص کننده موقعیت ایستگاه در سطح جهانی است .

پناهگاه های هواشناسی

- برخی از ادوات مورد استفاده بمنظور سنجش عناصر جوی، نسبت به یکسری عوامل نظیر باد ، تابش مستقیم و ... حساس هستند. از این جهت ، آنها را داخل جعبه ای به نام **پناهگاه هواشناسی** قرار میدهند .

مشخصات پناهگاه های هواشناسی

- این پناهگاهها در حالت استاندارد، به شکل مکعبی به طول 70 ، عرض 40 و ارتفاع 55 هستند. معمولاً کف آنها را دو جداره می سازند تا تاثیر زمینتاب بر روی ادوات اندازه گیری به حداقل برسد و دیواره های آنها را به شکل کرکره ای و طوری می سازند که اولاً تشعشع مستقیم وارد آنها نشود و ثانیاً هوا به راحتی به پناهگاه وارد و از آن خارج شود. این کرکره ها به صورت تعدادی عدد 8 هستند که روی هم قرار می گیرند . در برخی مناطق قسمت بالایی پناهگاه را نیز دو جداره می سازند. ارتفاع این پناهگاه ها از سطح زمین بین 125-200 سانتی متر است.



تصویر یک پناهگاه هواشناسی

رشته های مختلف هواشناسی

1- هواشناسی دینامیک

- این علم حرکتهای جو را در جهات افقی و عمودی و عوامل بوجود آورنده آنها را مورد بررسی قرار می دهد.

2- هواشناسی سینوپتیک

- هواشناسی سینوپتیکی دانشی است که قوانین حاکم بر فرایندهای جوی و تغییرات آن را به منظور پیش بینی وضع هوا، مطالعه می نماید.

3- اقلیم شناسی

- این علم به بررسی شرایط متوسط عوامل جوی در يك منطقه و تعیین اقلیم آن منطقه می پردازد و تابع مکان بوده و بستگی خاصی به زمان ندارد.

4- خرد اقلیم شناسی

- این علم به مطالعات جوی در مقیاسهای كوچك و در نزدیکی سطح زمین می پردازد.

- این علم به مطالعه واکنشهای هوا و مواد آلودکننده و اثرات آلودگیها بر روی محیط زیست و موجودات زنده موجود در آن می پردازد.

- این علم ارتباط پارامترهای هواشناسی با تولید محصولات کشاورزی را مورد بحث و بررسی قرار می دهد. به کمک این شاخه از هواشناسی می توان اقلیم های مناسب برای کشت گیاهان را پیشنهاد نمود.

- علاوه بر شاخه هایی که ذکر گردیده است شاخه هایی دیگری از هواشناسی نیز وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از :
- **هیدرومتئورولوژی** این علم به بررسی ارتباط بین هواشناسی و هیدرولوژی می پردازد.
- **هواشناسی آنرونوتیک** (ناوبری هوایی)
- **مهندسی ابزار هواشناسی** که در رابطه با ساخت و استفاده از وسایل مورد استفاده در دیده بانها و سایر وسایل مورد استفاده در اندازه گیری های جوی می باشد .

اهمیت کاربرد علم هواشناسی در کشاورزی عبارتند از:

1- شرایط آب و هوایی اعم از نور ، حرارت و رطوبت و بارندگی تعیین کننده محصولاتی هستند که قابل کشت در يك ناحیه می باشند.

2- انتشار بیماریهای گیاهی و آفات و علفهای هرز تابع شرایط آب و هوایی است و کنترل آنها نیازمند کنترل شرایط آب و هوایی و یا تطبیق مراحل رشد با شرایط مناسب آب و هوایی است .

3- وقوع پدیده‌های زیانبخش جوی مثل یخبندانها و سرماهای زود رس پاییزه و دیررس بهاره، تگرگ، سیل و خشکسالی و ... که مبارزه با آنها مستلزم شناخت شرایط و پیش بینی آب و هوایی است.

4- به کمک علم هواشناسی کشاورزی می توان میزان تولید محصولات زراعی را تخمین زده و در صورت کمبود، نسبت به وارد کردن آنها از کشورهای دیگر اقدام کرد.

فصل دوم

ساختار اتمسفر

مقدمه

- اتمسفر زمین مخلوطی از گازهای مختلف است که دور تا دور کره زمین را فرا گرفته اند و نمی توان ارتفاع ثابتی برای آنها در نظر گرفت. عمدتاً تمرکز گازهای اتمسفری در 100 کیلومتر اولیه زمین می باشد و مجموعه وقایعی که در این لایه رخ می دهد از اهمیت بالایی برخوردار است.

به طور کلی اتمسفر زمین را می‌توان از سه دیدگاه طبقه‌بندی نمود:

1. تقسیم‌بندی از دیدگاه ترکیبات گازی اتمسفری
2. تقسیم‌بندی از دیدگاه ساختمان حرارتی جو
3. تقسیم‌بندی از دیدگاه پدیده‌های یونیزاسیون

1- تقسیم‌بندی اتمسفر از دیدگاه ترکیبات گازی اتمسفر

در حالت کلی اتمسفر زمین را از دیدگاه ساختمان گازی آن می‌توان به دو بخش تقسیم نمود:

الف) جو همگن (Hemosphere)

- بخشی از پوشش گازی اتمسفر است که در آن نسبت اختلاط گازهای اتمسفری جز در موارد خاص، ثابت می‌باشد. این بخش از اتمسفر تا ارتفاع تقریبی 80 کیلومتری از سطح را شامل می‌شود.

ب) جو ناهمگن (Heterosphere)

- این لایه در ارتفاعات بالاتر از 80 کیلومتری قرار دارد و ویژگی بارز آن این است که در آن اختلاط گازهای اتمسفری به خوبی صورت نمی‌گیرد. در این لایه عموماً ملکولهای گازهای مختلف در اثر تشعشعات خورشیدی تجزیه شده و به اتمهای تشکیل دهنده آنها تبدیل می‌شوند. اتمهای سنگین‌تر تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین، در قسمتهای پائینی این لایه قرار می‌گیرند.

ناخالصی‌های هوا

- ناخالصی‌های هوا شامل ناخالصی‌های جامد و گازی شکل هستند که در اتمسفر زمین پراکنده شده‌اند.
- از مهمترین این ناخالصی‌ها می‌توان ذرات گرد و غبار که توسط عمل مکانیکی باد از سطح زمین کنده شده و به فضا انتقال می‌یابند، ذرات ناشی از فعالیت‌های آتشفشانی، ذرات ریز نمک که عمدتاً از قطرات ریز آبی که در اثر طوفان‌ها از آب دریا جدا شده و به اتمسفر پیوسته‌اند و دانه‌های گرده گیاهی که توسط باد در اتمسفر پراکنده می‌شوند، نام برد.

این ذرات دارای ابعاد مختلفی هستند و می‌توان آنها را از لحاظ اندازه در سه گروه جای داد:

الف) هسته‌های كوچك با قطر کمتر از $1/0$ میکرون،

ب) هسته‌های بزرگ با قطر $1/0$ تا 1 میکرون

ج) ابرهسته‌ها با قطر بزرگتر از يك میکرون که فعالیت‌های صنعتی عامل اصلی تولید و پراکنده شدن آنها می‌باشد.

تعداد ناخالصی‌های هوا با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.

- این کاهش تعداد ذرات به صورت نمایی است و از قانون زیر طبیعت می‌کند:

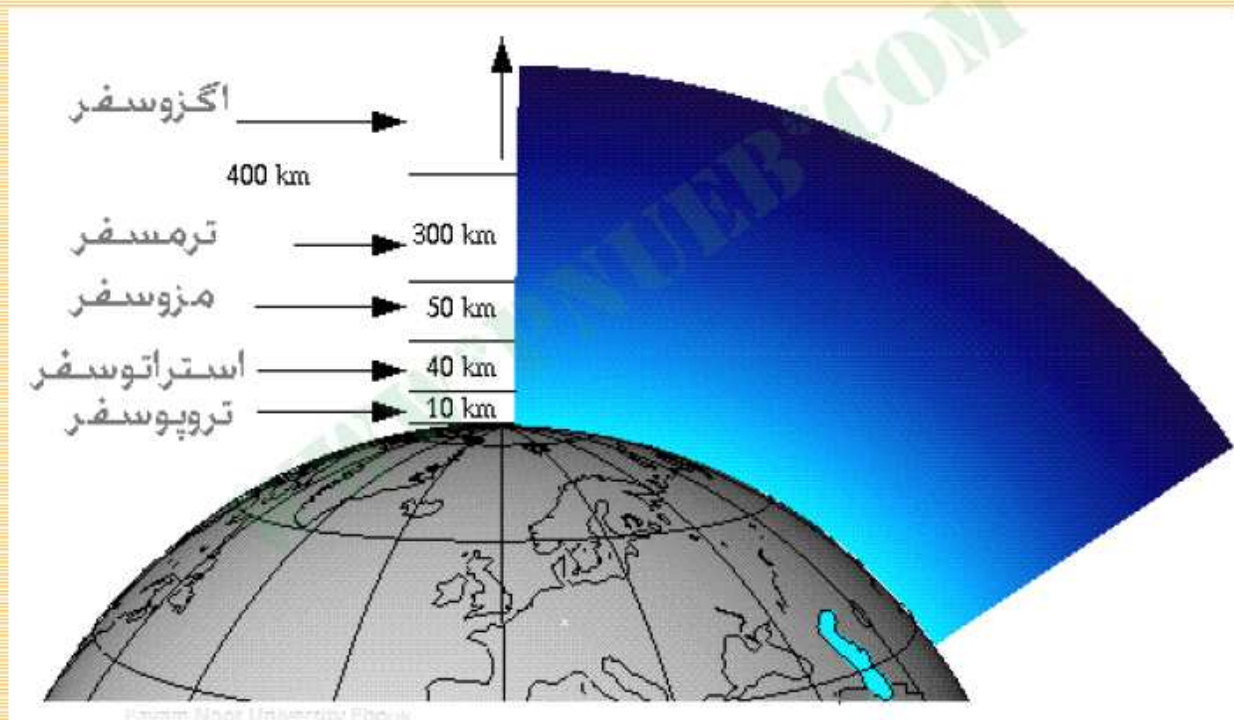
$$N = N_0 e^{-\frac{Z}{H}}$$

در این معادله،

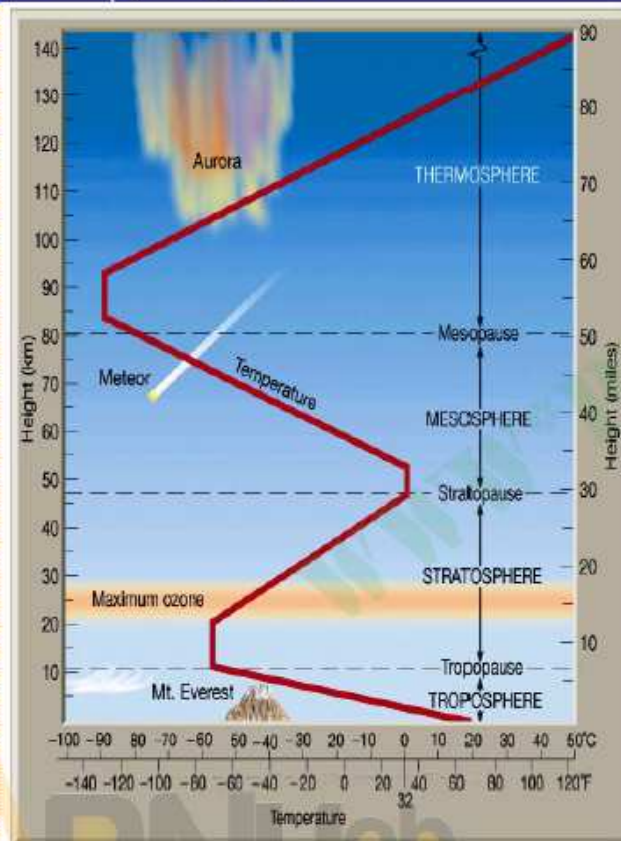
- Z : ارتفاعی که می‌خواهیم تعداد ذرات را در آن ارتفاع برآورد کنیم.
 - N_0 : تعداد ناخالصی‌ها در واحد حجم هوا در سطح زمین.
 - N : تعداد ناخالصی‌های موجود در واحد حجم هوا در ارتفاع Z .
- به این ترتیب با داشتن میزان ناخالصی‌ها در سطح زمین، می‌توان مقدار آنها را در هر ارتفاعی بدست آورد.

2- تقسیم بندی از دیدگاه ساختار حرارتی اتمسفر

- تشعشعات ورودی از جانب خورشید نقش بسیار مهمی در دمای لایه‌های مختلف جو دارند. در سال 1962 سازمان جهانی هواشناسی (WMO) اتمسفر زمین را بر اساس ساختمان حرارتی آن به چهار لایه اصلی تقسیم‌بندی نمود که این لایه‌ها شامل **تروپوسفر**، **استراتوسفر**، **مژوسفر** و **ترموسفر** هستند.



- این شکل تقسیم‌بندی حرارتی جو و همچنین نحوه تغییرات دما در هر یک از لایه‌های مذکور را نشان می‌دهد.



تروپوسفر (Troposphere)

- پائین‌ترین لایه اتمسفر از نظر حرارتی، تروپوسفر است. عمده پدیده‌های هواشناسی که از بسیاری جهات حائز اهمیت است، در همین لایه رخ می‌دهد. از مهمترین پدیده‌های این لایه می‌توان ابرها، باران، برف، رعد و برق و ... را نام برد که در این لایه تشکیل می‌شوند.
- در حالت کلی ضخامت تروپوسفر را 11 تا 12 کیلومتر در نظر می‌گیرند.

لایه تروپوسفر به دو قسمت تقسیم می‌شود:

الف) لایه با تغییرات نامنظم: این لایه تا ارتفاع 2 کیلومتری را شامل می‌شود و به شدت تحت تأثیر پدیده‌های سطحی می‌باشد. در این لایه تغییرات دما با ارتفاع ثابت نبوده و متغیر است. گرادیان قائم دما در این لایه عدد ثابتی نمی‌باشد و متغیر است.

ب) لایه با تغییرات منظم: این لایه از بالای لایه نامنظم تا ارتفاع حدود 12 کیلومتری را شامل می‌شود و از خصوصیات آن، این است که گرادیان قائم دما با ارتفاع، ثابت است.

استراتسفر (Stratosphere)

- لایه دوم اتمسفر که در بالای تروپوپاز قرار گرفته است، استراتسفر نام دارد و به طور متوسط تا ارتفاع 50 کیلومتری از سطح دریاها را شامل می‌شود.
- به طور کلی در لایه استراتسفر ابر قابل توجهی ندارد.
- یکی دیگر از ویژگی‌های بارز استراتسفر، تمرکز مقدار زیادی از آن می‌باشد که در ارتفاع 16 تا 30 کیلومتری تجمع یافته‌اند.

برخی از دانشمندان این لایه را به سه بخش تقسیم نموده‌اند:

(الف) استراتسفر پائین: این لایه از سطح تروپوپاز تا ارتفاع 20 کیلومتری را شامل می‌شود. در این لایه معمولاً دمای هوا با افزایش ارتفاع تغییری نمی‌کند و ثابت می‌ماند.

(ب) استراتسفر میانی: از سطح بالای استراتسفر پائین تا ارتفاع 30 کیلومتری را استراتسفر میانی می‌نامند. در این لایه با افزایش ارتفاع، دما افزایش می‌یابد.

(ج) استراتسفر فوقانی: از ارتفاع 30 کیلومتری تا ارتفاع 50 کیلومتری را استراتسفر فوقانی می‌نامند در این لایه نیز با افزایش ارتفاع، دما افزایش پیدا می‌کند اما روند این افزایش نسبت به لایه قبلی بسیار شدیدتر است.

مزوسفر (Mesosphere)

- این لایه از ارتفاع متوسط 50 کیلومتری شروع شده و تا ارتفاع 85 کیلومتری ادامه دارد.
- از مشخصات بارز این لایه می‌توان کاهش دما با ارتفاع را نام برد. آهنگ کاهش دما در این لایه حدود 3 درجه در هر کیلومتر ارتفاعی است.
- از دیگر مشخصات این لایه، وزش بادهای با سرعت بسیار بالا است که گاهی سرعت آنها به 700 کیلومتر بر ساعت و بالاتر، می‌رسد. میزان بخار آب موجود در این لایه بسیار کم بوده و اگر هم بخار آبی وجود داشته باشد به خاطر دمای بسیار پائین این لایه به صورت کریستالهای یخی درمی‌آید.

ترموسفر (Thermosphere)

- در این لایه، با افزایش ارتفاع، افزایش دما را شاهد هستیم. شفق‌های قطبی و ابرهای نوکتولوسنت (Noctilucent) در این لایه تشکیل می‌شوند.
- اصطلاح ترموسفر به خاطر دمای بسیار بالای این لایه به آن اطلاق شده است. دما در این لایه گاهی به 1500 درجه کلوین می‌رسد (از نظر تئوری).
- در این لایه ملکول‌های بسیاری از گازها به اتم‌هایشان تجزیه می‌شوند. این کار توسط اشعه ماوراء بنفش و اشعه ایکس صورت می‌گیرد.

3- تقسیم‌بندی از دیدگاه پدیده‌های یونیزاسیون

- آن بخش از اتمسفر فوقانی که حاوی مقادیر زیادی ذرات باردار است، **یونسفر** نامیده می‌شود.
- این لایه از ارتفاع 60 کیلومتر به بالاتر را شامل می‌شود. این لایه در اثر فرایندهای یونیزاسیون ملکول‌ها و اتم‌های گازها توسط پرتوهای پرانرژی خورشیدی، شکل می‌گیرد. این پرتوها باعث شکسته شدن اتم‌ها و ملکول‌های گازهای مختلف به الکترون‌ها و پروتون‌ها می‌شود. از جمله مهمترین ویژگی‌های این لایه می‌توان قابلیت بسیار بالای انعکاس امواج راداری و رادیویی این لایه را نام برد.

لایه یونیسفر از زیربخشهایی به صورت زیر تشکیل شده است:

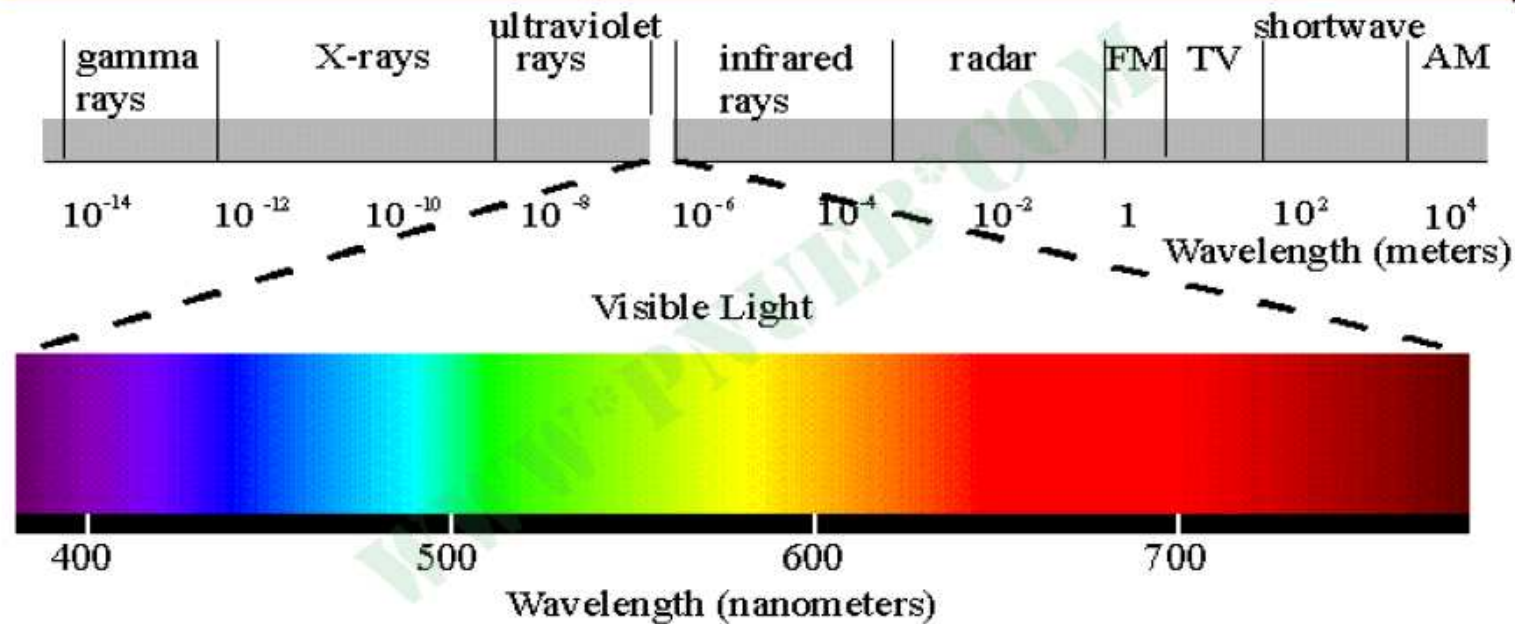
- **لایه D:** این لایه از ارتفاع 65 کیلومتری تا 80 کیلومتری را شامل می‌شود و از تجمع الکترونها و پروتون‌های حاصل از یونیزاسیون گاز ازت تشکیل می‌گردد.
- **لایه E:** این لایه در ارتفاع تقریبی 110 کیلومتری تشکیل می‌گردد و علت تشکیل آن، یونیزاسیون ملکول‌های اکسیژن است.
- **لایه F:** این لایه در ارتفاع 200 تا 400 کیلومتری، بر اثر یونیزاسیون اتم‌های اکسیژن به وسیله پرتوهای ماوراء بنفش خورشیدی، ایجاد می‌شود.

فصل سوم

تابش

تابشهای خورشیدی

- منبع اولیه انرژی که وارد زمین و اتمسفر آن می شود از خورشید است که به طور مستمر با تشعشع امواج الکترومغناطیس می درخشد و انرژی زیادی را وارد فضا می کند. این انتشار پایدار انرژی توسط خورشید بسیار مهم است زیرا که قسمت اعظم انرژی مورد نیاز زمین را تامین می کند به استثنای مقدار بسیار کمی که توسط تجزیه عناصر رادیواکتیو آزاد می شود.



خورشید با طول موجهای مختلفی ، امواج الکترومغناطیسی را به طرف زمین و فضا گسیل می کند که در آن ، انواع طول موجها (طول موجهای بسیار کوتاه مثل اشعه ایکس و گاما تا طول موجهای بسیار بلند مثل امواج الکتریکی) را شامل می شود.

Visible Light "White Light"	
Wavelength in nanometer (nm)	
400 - 450	violet
450 - 500	blue
500 - 570	green
570 - 590	yellow
590 - 610	orange
610 - 750	red

- بخش مرئی تابشهای خورشیدی که به رنگ سفید دیده می شود طیف کوچکی از تابشهای خورشیدی است که خود از چندین رنگ تشکیل شده است.

فاصله از خورشید

- تغییرات سالانه فاصله زمین تا خورشید باعث بوجود آمدن تغییرات فصلی در میزان انرژی خورشیدی می شود که ناشی از چرخش زمین به دور خورشید می باشد. در نتیجه این عامل می بایست که زمستانهای نیمکره شمالی گرمتر از نیمکره جنوبی و تابستان نیمکره جنوبی گرمتر از نیمکره شمالی باشند.
- گردش عمومی گرمای اتمسفری و تاثیرات قاره ای آن مانع از توزیع یکنواخت دما در جهان می شود که در نتیجه آن، تضاد فصلی در دونیمکره بوجود می آید.

ارتفاع خورشیدی

- ارتفاع خورشیدی عبارت است از زاویه بین اشعه های خورشید و خط مماس بر سطح زمین در نقطه مورد نظر، که اغلب مقدار تابشهای خورشیدی دریافتی توسط سطح زمین را تحت تاثیر خود قرار می دهند. ارتفاع خورشیدی بالاتر باعث متمرکز شدن شدت تابش بر واحد سطح، در سطح زمین می شود.

- عوامل اساسی که تعیین کننده ارتفاع خورشیدی هستند عبارتند از: عرض جغرافیایی منطقه ، زمان در شبانه روز و فصل .

طول روز

- طول دوره روشنایی روز بر مقدار تابشهایی که توسط زمین دریافت می شوند تاثیر می گذارد. بدیهی است که بلندتر و طولانی تر شدن زمان تابش خورشید باعث می شود که مقدار بیشتری تابشهای خورشیدی به زمین برسد. در استوا طول روز در تمام ماهها حدود 12 ساعت است در حالیکه در قطبها مقدار آن متغیر بوده و بین 5 ساعت در زمستان ، تا حدود 24 ساعت در تابستان متغیر است .

روشهای انتقال انرژی

- انرژی به سه شکل عمده انتقال می یابد :

الف- تابش

ب- رسانایی

ج- همرفت

الف - تابش

- در این روش امواج الکترومغناطیسی انرژی (شامل نور و حرارت) را بین دو بخش بدون دخالت یک واسطه، با سرعت $300 \times 10^6 \text{ m/s}$ انتقال می دهند. انرژی خورشیدی به طور کامل به زمین نمی رسد و اتمسفر زمین فقط اجازه عبور تابشهایی با طول موجهای معین را داده و بقیه را جذب می نماید. بخشی از این تابشها توسط گازهای اتمسفر، در طول موجهای مشخص جذب می شوند. اغلب تابشهای طول موج کوتاه خورشیدی بدون جذب شدن از اتمسفر زمین عبور می نمایند.

ب - رسانایی

- در این مکانیزم ، گرما از میان مواد و از نقطه ای به نقطه دیگر توسط ارتعاش ملکولی ، از يك ملکول به ملکول مجاور منتقل می شود. از آنجا که هوا يك هادی ضعیف است از این نوع انتقال انرژی درمورد اتمسفر میتوان چشم پوشی نمود.

ج - همرفت

- این فرایند در مورد سیالاتی که قابلیت انتشار توده ای دارند ، صادق است . این روش یکی از اصلی ترین راههای انتقال گرمای اتمسفری می باشد. پدیده همرفت به دو فرم انرژی را انتقال می دهد: اولی گرمای محسوس که مستقیماً توسط فرایند بالارفتن هوای گرم و مخلوط شدن آن با هوای سرد بالایی صورت می گیرد و فرم دوم انتقال انرژی ، شامل انتقال غیر مستقیم آن توسط فرایند گرمای نهان می باشد.

کاربردهای تابش خورشیدی در صنعت و کشاورزی

- تابش خورشیدی یکی از فاکتورهایی است که در بخشهای کشاورزی ، صنعت ، شهر سازی و... اهمیت خاصی دارد.
- در مورد کشاورزی به عنوان مثال ، روزنه ها در حضور نور باز می شوند و فعالیت های حیاتی خود را ادامه می دهند همچنین برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان یکی از فاکتورهای مورد نیاز در اکثر روابط ، تابش خورشیدی است.

اندازه گیری تابشهای خورشیدی

- درمورد تابشهای خورشیدی دو فاکتور اندازه گیری می شود:

1- طول مدت تابش

2- شدت تابش

اندازه گیری طول مدت تابش

- برای این منظور از وسیله ای به نام آفتاب نگار استفاده میشود که شکل آن به صورت زیر است:

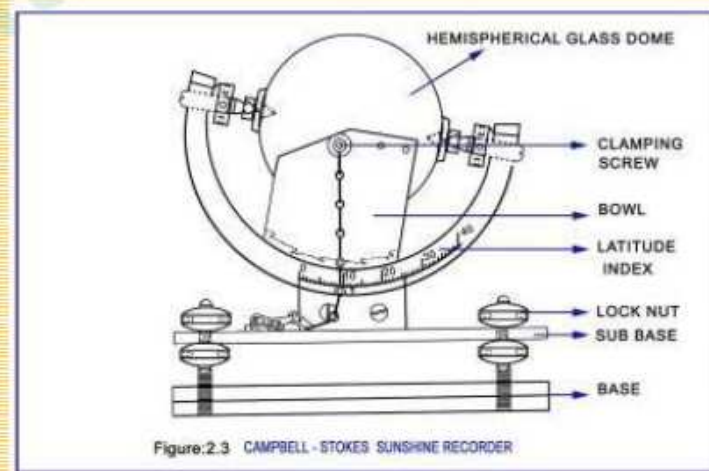


Figure 2.3 CAMPBELL - STOKES SUNSHINE RECORDER

به طور کلی آفتاب نگار از قسمت‌های زیر ساخته شده است :

- عدسی کروی به قطر تقریبی 9 cm
- نیمکره فلزی ناقص به قطر حدود 14 سانتی متر که در داخل آن شیارهایی وجود دارد که کارتهای آفتاب نگار در آن قرار می گیرند.
- پایه ای به طول تقریبی 5/1 - 2/1 متر که مجموعه عدسی کروی و نیمکره فلزی روی آن سوار می شوند.
- يك تراز کروی روی دستگاه بمنظور اینکه کل مجموعه بصورت مناسب استقرار یابد.

- در روی نیمکره فلزی یکسری شیارهایی وجود دارد که کارتهای آفتاب نگار در داخل این شیارها قرار می گیرند. کارتهای آفتاب نگار از جنس بخصوصی ساخته می شوند که اولاً رطوبت را جذب نمی کنند در نتیجه خیس نمی شوند ، ثانیاً چون رنگ آنها تیره (آبی تیره) است، اشعه خورشید را به راحتی جذب و در اثر آن يك رد سوختگی باقی می ماند. اثر سوختگی معمولاً به صورت خطی به پهنای حدود 1mm بر روی کارت ظاهر می شود. خود کارت بر حسب ساعت مدرج شده و کوچکترین تقسیم بندی روی آن 5/0 ساعت می باشد. باشمارش تعداد ساعتهایی که گراف سوخته است ، می توان تعداد ساعتهای آفتابی را در شبانه روز، به دست آورد.

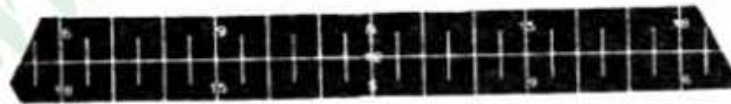
- گفتیم که سه سری شیار روی نیم کره فلزی آفتاب نگار وجود دارد، لذا سه سری کارت آفتاب نگار وجود دارد که در این شیارها قرار می گیرند. علت اینکه از سه سری شیار استفاده می شود این است که **زاویه تابش خورشید در فصول مختلف متفاوت است.**

معمولا کارت خمیده بلند برای فصول تابستان ، کارت مستقیم برای فصول اعتدالین و کارت خمیده کوتاه برای فصول زمستان مورد استفاده قرار می گیرند

مخصوص فصل زمستان



مخصوص فصول اعتدال



مخصوص فصل تابستان



- طول مدت آفتابی بدست آمده (برحسب ساعت) از کارت ، **به دقت آن و شفاف بودن کره شیشه ای** بستگی دارد. معمولاً مقدار تابشی به میزان $2/0$ تا $4/0$ کالری برسانتی متر مربع در در دقیقه ، کاغذ را می سوزاند و با تابش کمتر از این مقدار، هیچگونه ای اثری از سوختگی بر روی کاغذ برجای نمی ماند .

اندازه گیری شدت تابش

- یکی از وسایلی که برای اندازه گیری شدت تابش استفاده میشود **شدت سنج یا اکتینوگراف** می باشد. این دستگاه تشکیل شده است از تیغه های فلزی که پشت يك نیمکره شیشه ای نصب شده اند. هریک از تیغه ها از پرس نمودن دو فلز غیر همجنس تشکیل شده است که یکی از آنها آلیاژی از مس و روی و دیگری آلیاژی از آهن و نیکل است. معمولاً دوتای این تیغه ها سفید و یکی هم سیاه رنگ می باشد.

- شکل زیر نمای کلی این تیغه ها را نشان می دهد .



- تغییر تابش باعث تغییر دمای محیط شده و در نتیجه تغییراتی در شکل و اندازه تیغه ها پدید می آید که این تغییرات توسط یکسری اهرمهایی بزرگ شده و به قلم ثبات منتقل می شود . قلم ثبات هم این تغییرات را بر روی گراف اکتینوگراف ثبت می کند.
- به گراف اکتینوگراف ، **اکتینو گرام** می گویند.

- يك نمونه اکتینوگراف که در ایستگاهها مورد استفاده قرار می گیرد. را نشان میدهد. گراف این وسیله به صورت هفتگی تعویض می شود.



شدت سنج آراگو (Arago)

- تشکیل شده است از دو دماسنج که مخزن یکی از آنها دوده اندود بوده و مخزن دیگری سفید است . در اثر تغییرات شدت تابش ، چون این دودماسنج ، دماهای مختلفی را نشان می دهند ، با داشتن دمای دو دماسنج و استفاده از جداول تشعشع سنجی ، می توان شدت تابش را در لحظه مورد نظر محاسبه کرد. معمولا این جداول را از روی فرمول استفان بولتزمن تهیه می نمایند.

فصل چهارم

دمای هوا و خاک

مقدمه

- یکی از عوامل بسیار مهمی که در زندگی انسانها، حیوانات و گیاهات تأثیرات حیاتی دارد، دمای هوا و خاک است که اگر از يك مقدار آستانه تجاوز کند، حیات برای موجودات زنده غیر ممکن خواهد شد.
- به عنوان مثال، در مورد گیاهان سه نقطه دمایی مهم وجود دارد:
- دمای آستانه حداقل، دمای ایتیم و دمای آستانه حداکثر.

راه‌های انتقال انرژی در اتمسفر زمین به شکل زیر هستند:

1. **انرژی تابشی** که در حین عبور از اتمسفر زمین، مقداری از آن توسط گازهای موجود در آن جذب شده و باعث گرم شدن آن می‌شود.
2. **گرم شدن از طریق همرفت یا کنوکسیون**، چه طبیعی و چه اجباری: بایستی توجه داشت که منظور از کنوکسیون اجباری، کنوکسیون در اثر اختلاط و حرکت باد می‌باشد.
3. **گرمای نهان**. این فاکتور بیشتر در مجاورت مخازن آبی، اقیانوس‌ها، دریاها و دریاچه‌ها اتفاق می‌افتد

عوامل مؤثر بر دما

1. میزان تابش رسیده به سطح
2. تأثیر جنس و رنگ سطح دریافت کننده انرژی
3. تأثیرات ناشی از ارتفاع
4. تأثیر ناهمواری‌ها و جهت شیب
5. باد
6. ابرناکی
7. جریانات آبهای گرم

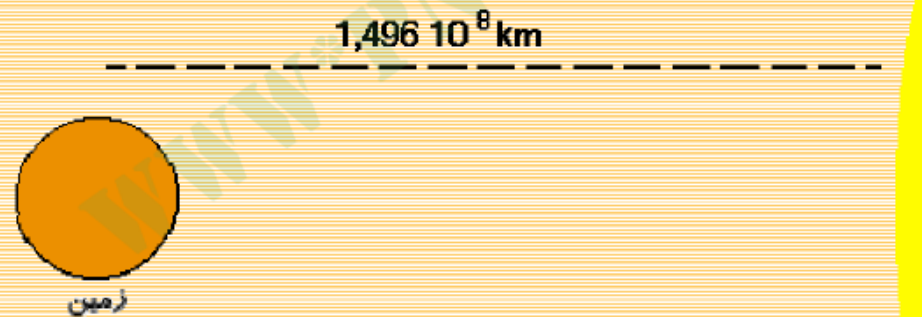
1- میزان تابش رسیده به سطح

- اگر تأثیر سایر عوامل را ثابت در نظر بگیریم، هر چه میزان تابش رسیده به يك سطح بیشتر بوده و بیشتر در معرض تابش آفتاب قرار گیرد، بالطبع دمای آن هم بالاتر خواهد رفت. در نتیجه همین عامل است که دمای هوا در عرضهای پائین بالاتر بوده و نوسانات آن کمتر است زیرا که در این نواحی خورشید عموماً به صورت عمودی می‌تابد در نتیجه میزان انرژی دریافتی در این نواحی زیاد می‌باشد .

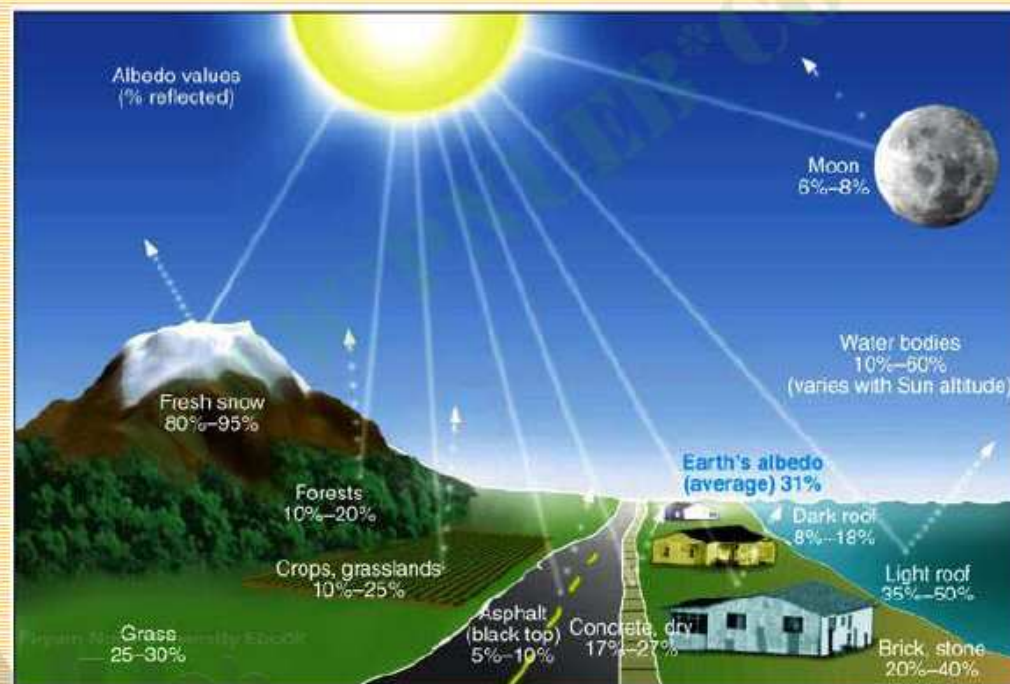
2- تأثیر جنس و رنگ سطح دریافت کننده انرژی

- تأثیر این فاکتورها بیشتر به صورت تأثیر در میزان اتلافات انرژی دریافتی می باشد. از مقدار انرژی که به سطح زمین می رسد مقداری از آن منعکس می شود که میزان این انعکاس به جنس سطح دریافت کننده انرژی و رنگ آن بستگی دارد.

- نسبت میزان انرژی بازتابش شده به انرژی ورودی به یک سطح یا جسم را آلبیدو می‌گویند که میزان آن برای سطوح مختلف، متفاوت است.



در شکل زیر آلبیدوی تعدادی از سطوح آمده است.



3- تأثیرات ناشی از ارتفاع

- همانطور که در بخشهای قبلی هم بیان شد، عمده انرژی تابشی توسط سطح زمین دریافت و جذب می‌شود. در نتیجه طبیعی است که دمای لایه‌های نزدیکتر به سطح بالاتر از دمای لایه‌های بالایی باشند و هر چه از سطح دورتر شویم، دمای هوا کاسته می‌شود.
- میزان کاهش دما با ارتفاع را **افتاهنگ** یا **لاپسریٹ** می‌گویند که میزان آن به طور متوسط $5/0-6/0$ درجه سانتی‌گراد به ازای هر 100 متر می‌باشد.
- در برخی مواقع، میزان دما با افزایش ارتفاع، افزایش می‌یابد که این حالت را **وارونگی دمایی** می‌گویند.

4- تأثیر ناهمواری ها و جهت شیب

- شیب هایی که رو به جنوب هستند دارای دمای نسبتاً بالاتری نسبت به شیب های شمالی می باشند.
- در شیب های جنوبی چون خورشید عمودتر می تابد، عمده انرژی آن توسط سطح جذب شده و مقدار کمتری از آن منعکس می شود در حالیکه در شیب های شمالی این زاویه از حالت عمودی دورتر بوده و در قسمت بیشتری از انرژی رسیده به آن از طریق انعکاس به هدر می رود.

5- باد

- باد عامل مهمی در انتقال عمودی و افقی گرما از يك محل به محل دیگر به شمار می‌رود. در صورتی که هوا ساکن باشد، در طول روز دمای لایه نزدیک به سطح مرتباً افزایش می‌یابد ولی در صورت وجود باد، این لایه با لایه‌های بالاتر مخلوط می‌شود، همچنین در اثر حرکت به نواحی دیگر، با هوای آن مناطق آمیخته شده و طبیعتاً شاهد دمای متعادل‌تری در لایه‌هایی که باد در آن‌ها می‌وزد، خواهیم بود.

6- ابرناکی

- ابرناکی هم از طریق تأثیری که روی میزان انرژی ورودی و خروجی دارد، بر روی رژیم دمایی تأثیر می‌گذارد. در طول روزهای ابری، مقدار زیادی از انرژی ورودی توسط ابرها دریافت می‌شود (در صورتی که ضخامت ابرها به اندازه کافی باشد) و در نتیجه دما در طول روز زیاد بالا نمی‌رود

7- جریانات آبهای گرم

- این جریانات از طریق حمل آبهای گرم از يك منطقه به منطقه دیگر، سبب انتقال انرژی گرمایی می‌شوند. نمونه‌های بارز این نوع جریانات، جریان آب گرم گلف استریم است که آبهای مناطق حاره را که گرمای بیشتری دریافت کرده و دارای دمای بالاتری هستند را به مناطق شمالی می‌برند و از این طریق باعث افزایش دمای در نواحی شمالی که این جریانات به آنها حمل شده‌اند، می‌شود.

مقیاسهای اندازه گیری دما

- معمولاً در اندازه گیری های دما سه نوع درجه بندی مصطلح است که عبارتند از:

1. درجه بندی سلسیوس یا درجه سانتی گراد

2. درجه بندی فارنهایت

3. درجه بندی کلوین

درجه بندی سلسیوس یا درجه سانتی گراد:

- در این مقیاس معمولاً برای مدرج ساختن دماسنج ها از **نقطه ذوب و جوش آب خالص در فشار استاندارد (1013mb)** استفاده می شود به این ترتیب که نقطه ذوب یخ را روی دماسنج علامت زده و صفر می نماییم و دمایی که در آن، آب شروع به جوشیدن می کند را علامت گذاری نموده و صد می نامیم و بین اینها را به صد قسمت مساوی تقسیم می کنیم.

درجه بندی فارنهایت:

- در این مقیاس هم از نقطه ذوب یخ و جوش آب استفاده می شود، با این تفاوت که نقطه ذوب یخ در فشار استاندارد 1013 میلی باری را علامت گذاری کرده و با عدد 32 مشخص می کنیم و دمای مربوط به نقطه جوش آب در فشار استاندارد را هم علامت گذاری نموده و به آن عدد 212 را نسبت می دهند و نهایتاً بین اینها را به 180 قسمت مساوی تقسیم بندی می نمایند.

درجه بندی کلوین ($^{\circ}\text{K}$):

- این نوع مقیاس دمایی، يك مقیاس علمی است و در آن صفر دماسنج نقطه‌ای است که در آن دما، انرژی داخلی جسم، صفر باشد. معمولاً این دما را حدود $15/273$ - درجه سانتیگراد می‌گیرند.
- یکی از مهمترین محاسنی که دمای کلوین داشته و در کارهای علمی از آن استفاده می‌شود، این است که در آن دماهای منفی وجود ندارد و همواره دما بالاتر از صفر مطلق قرار می‌گیرد.

طبقه‌بندی دماسنج‌ها

- دماسنج‌ها را بر اساس مکانیزم‌هایی که برای اندازه‌گیری دما در آنها به کار می‌رود به گروه‌های زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:

1. دماسنج‌های مایع در شیشه
2. دماسنج‌های مایعی با محفظه فلزی
3. دماسنج‌های تغییر شکل دهنده
4. ترموکوپل‌ها
5. دماسنج‌های الکتریکی
6. ترمستورها
7. دماسنج‌های با خاصیت تغییر فشار بخار در آنها

معمولاً در ایستگاه‌های هواشناسی از دو نوع دماسنج مایعی استفاده می‌شود.

الف) دماسنج‌های جیوه‌ای که می‌توانند محدوده دمایی 38- تا +350 درجه سانتیگراد را نشان دهند،

ب) دماسنج‌های الکلی که محدوده دمایی آنها از 115- تا +70 درجه سانتیگراد است.

- مهمترین انواع دماسنج های مایع در شیشه که هواشناسی و ایستگاه ها کاربرد دارند به صورت زیر هستند:

1. دماسنج خشك
2. دماسنج تر
3. دماسنج حداکثر
4. دماسنج حداقل
5. مجموعه دماسنج های خاک

دماسنج خشك

- ساده‌ترین نوع دماسنج در مجموعه دماسنج‌های هواشناسی، دماسنج خشك است که از آن برای اندازه‌گیری دمای لحظه‌ای استفاده می‌شود. این دماسنج در داخل پناهگاه هواشناسی به صورت عمودی روی پایه‌ای نگه داشته می‌شود. مایع درون این نوع دماسنج، جیوه است و دقت اندازه‌گیری دما در آن ممکن است بین $1/0$ تا $2/0$ درجه سانتیگراد باشد

دماسنج تر

- ساختمان این دماسنج کاملاً مشابه دماسنج خشك است و مایع درون آن جیوه می باشد. این دماسنج هم به صورت عمودی در پناهگاه قرار می گیرد. تنها تفاوتی که این دماسنج با دماسنج خشك دارد این است که اطراف مخزن آن پارچه ای از جنس موسلین پیچیده شده است و طرف دیگر این پارچه در داخل يك مخزن كوچك آب قرار می گیرد. حتی الامكان بایستی سعی نمود که منبع كوچك آب را با آب مقطر پر نمود.

- این شکل نمونه‌ای از دماسنج‌های تر و خشک را نشان می‌دهد.



دماسنج ماکزیمم

- این دماسنج نوعی دماسنج جیوه‌ای به حساب می‌آید که از آن برای اندازه‌گیری و تعیین حداکثر دمایی که در یک دوره زمانی رخ می‌دهد، استفاده می‌شود.
- ساختمان دماسنج حداکثر مشابه دماسنج خشک است منتهی قسمت انتهایی لوله موئین که نزدیک مخزن است بسیار باریک می‌باشد. در اثر افزایش دما، جیوه داخل مخزن انبساط یافته و باعث می‌شود که جیوه در داخل لوله دماسنج بالا برود اما وقتی دما کاهش می‌یابد جیوه داخل لوله نمی‌تواند به مخزن برگردد

دماسنج حداقل یا مینیمم

- این دماسنج برای اندازه‌گیری حداقل دمایی که در يك دوره زمانی مشخص (معمولاً 24 ساعته) اتفاق افتاده است به کار می‌رود. مایع درون این دماسنج، الکل اتیلیک است.
- وقتی دما زیاد می‌شود، الکل به راحتی و بدون اینکه حرکتی به شاخص بدهد از کناره‌های آن رد شده و به سمت دماهای بالا صعود می‌کند اما موقعی که دما کاهش یافته و الکل به شاخص می‌رسد، در اثر نیروی کشش سطح، شاخص را هم به سمت پائین حرکت می‌دهد. این وضعیت تا زمانی که دما در حال نزول است، ادامه می‌یابد. به این ترتیب شاخص دمای حداقل را به ما نشان خواهد داد.

فصل چهارم : دمای هوا و خاک

هوا و اقلیم شناسی

- این شکل نمونه‌ای از دماسنج‌های ماکزیمم مینیمم را نشان می‌دهد.



دمانگار

- وسیله‌ای که برای ثبت تغییرات دما به کار می‌رود را دمانگار می‌گویند. در این وسیله تغییرات لحظه به لحظه دمای هوای روی يك گراف ثبت می‌شود. گراف دمانگار طوری مدرج می‌شود که محور افقی آن زمان را نشان می‌دهد و روی محور عمودی آن ، دما قرار دارد. واحد زمان معمولاً بر حسب روز و ساعت مشخص شده است. گرافهای دمانگار را بسته به نوع دمانگار به صورت روزانه یا هفتگی تعویض می‌نمایند.

این شکل يك نمونه دمانگار دو فلزی را نشان می دهد.



اندازه‌گیری دمای هوا در سطوح فوقانی

- این نوع اندازه‌گیری‌ها در ایستگاه‌های جو بالا انجام می‌گیرد. عمده‌ترین وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری دمای هوا در سطوح فوقانی استفاده می‌شود **رادیوسوند** است.



- رادیوسوند از چهار بخش تشکیل شده است:

1. بالن حاوی هیدروژن
2. منعکس کننده امواج راداری
3. جزء اندازه‌گیری کننده
4. مخابره کننده

رژیم های دمایی

- تغییرات دما بر حسب زمان را **رژیم دمایی** گویند که یکی از فاکتورهای بسیار کاربردی در علم هواشناسی است. رژیم دمایی هوا، مشتمل بر رژیم های شبانه روزی یا سالانه و... می باشد.
- به عنوان مثال رژیم شبانه روزی دمای هوا به صورت زیر تعریف می شود :
- **رژیم دمایی شبانه روزی هوا** عبارت از تغییرات دمای هوا بر حسب زمان در طول يك شبانه روز (24 ساعت)، می باشد.

تغییرات شبانه‌روزی دمای هوا:

- اگر يك منحنی رژيم شبانه‌روزی را مورد بررسی قرار دهیم ملاحظه خواهیم کرد که دمای هوا در يك زمانی حداقل بوده و سپس رو به افزایش می‌گذارد تا اینکه به حداکثر خود رسیده و پس از آن رو به کاهش می‌گراید تا اینکه به حداقل شبانه‌روز بعدی برسد.

- حداکثر شبانه روزی را با T_{max} نشان می دهند که توسط دماسنج حداکثر اندازه گیری می شود. و حداقل دمای شبانه روزی را با T_{min} نشان می دهند که توسط دماسنج حداقل اندازه گیری می شود.
- اختلافات دمای حداکثر شبانه روزی با حداقل شبانه روزی را **دامنه تغییرات شبانه روزی دما** می نامند که از رابطه زیر به دست می آید:

$$a = T_{max} - T_{min}$$

- در این رابطه a دامنه تغییرات شبانه روزی دما است.

دامنه تغییرات شبانه روزی دما تحت تأثیر فاکتورهاها زیر است:

1- عرض جغرافیایی

2- فصل سال

3- بری یا بحری بودن منطقه

4- ارتفاع

5- تأثیر پوشش سطحی

6- رطوبت هوا

7- باد

8- پوشش ابر

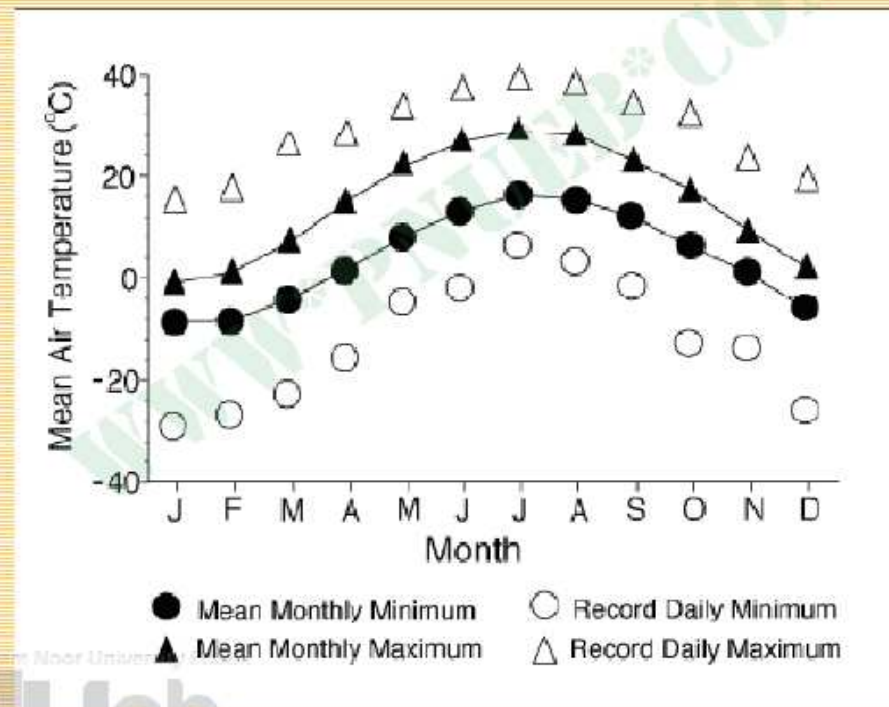
تغییرات سالانه دمای هوا

- تغییرات دمای هوا در طول سال را رژیم سالانه دمای هوا می‌نامند. برای ترسیم رژیم سالانه دمای هوا بایستی که مقادیر میانگین دمای ماههای مختلف را داشته باشیم و با توجه به آن رژیم سالانه دمای هوا به دست می‌آید.

يك رژيم دمایی کامل سالانه از 5 منحنی تشکیل یافته است که عبارتند از:

1. میانگین حداکثرها در ماههای مختلف
2. میانگین حداقلها در ماههای مختلف
3. میانگینهای ماهانه دما
4. حداکثر مطلق برای ماههای مختلف
5. حداقل مطلق برای ماههای مختلف

شکل زیر يك نمونه رژيم دمايي سالانه را نشان می دهد.



اختلاف بین حداکثر و حداقل دمای سالانه را دامنه سالانه دمای هوا می نامند که از رابطه زیر به دست می آید.

$$a = T_{\max} \text{ سالانه} - T_{\min} \text{ سالانه}$$

A : دامنه سالانه دمای هوا

$T_{\max}$: میانگین دمای گرمترین ماه سال

$T_{\min}$: میانگین دمای سردترین ماه سال

مقدار A تحت تأثیر عواملی به شرح زیر است:

- با افزایش عرض جغرافیایی میزان A افزایش پیدا می‌کند.
- با افزایش ارتفاع میزان A کاهش پیدا می‌کند که میزان این کاهش در اتمسفر آزاد بیشتر از مناطق کوهستانی است.
- میزان A در مناطق بحری کمتر از مناطق بری است.
- مقدار A در اعماق دره‌ها بیشتر از دشت و در دشتهای بیشتر از کوهستانها است.
- مقدار A در اقلیمهای مرطوب کمتر از اقلیمهای خشك است.

توزیع افقی دما

- برای نشان دادن توزیع افقی دما در يك منطقه، ابتدا خط ایزوترم یا همدمما (خطوطی که نواحی با دمای یکسان را به هم وصل می‌کنند) ترسیم می‌گردند. قاعدتاً اگر جنس سطح زمین یکی بود، می‌بایستی که این خطوط به صورت مستقیم و موازی و از جهت شرق به غرب به موازات مدارات زمین قرار می‌گرفته اما به دلیل اختلافی که در پوشش سطحی و سایر عوامل مؤثر در توزیع افقی دما وجود دارد باعث می‌شود که این خطوط موازی نبوده و دارای ناهماهنگی‌های بسیار زیادی باشند. این ایزوترمها از فصلی به فصل دیگر و از نیمکره‌ای به نیمکره دیگر تغییر می‌یابند.

به طور کلی از بررسی نقشه‌های ایزوترمال نتایجی به دست می‌آید که به صورت زیر است:

- توزیع افقی دما به پراکندگی دریاها و خشکیها وابستگی شدیدی دارد.
- اختلاف دمای بین قطبهای زمین و استوا در نیمکره جنوبی بیشتر است.
- قطب جنوب با داشتن دمای زمستانی حدود 60- درجه سانتیگراد و دمای 25- درجه سانتیگراد در تابستان، نسبت به قطب شمال سردتر است.
- استوای حرارتی زمین بر استوای جغرافیایی منطبق نبوده و با حرکت ظاهری خورشید در منطقه حاره جابجا می‌شود.
- جریانات دریایی (جریانات آبهای گرم و سرد) نقش بسیار مهمی در توزیع دما در زمین دارند.

توزیع قائم دما

- هر چه از يك كوهستان بالاتر می‌رویم هوا خنك‌تر می‌شود. این کاهش دما به دلایل زیر است:
- بدیهی است كه هر چه از سطح زمین بالاتر برویم، چون زمان بیشتری طول می‌كشد تا دمای سطح به آن لایه ها برسد لذا، دمای هوا کاهش خواهد یافت.
- هر چه از سطح زمین به لایه‌های بالاتر برویم میزان بخار آب موجود در اتمسفر کاهش می‌یابد و با کاهش آن میزان دما کاهش خواهد یافت.
- فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه انتقال حرارت كندتر صورت خواهد گرفت.

- هر چه از سطح زمین به لایه‌های بالاتر برویم میزان بخار آب موجود در اتمسفر کاهش می‌یابد و با کاهش آن میزان دما کاهش خواهد یافت.
- فشار هوا با افزایش ارتفاع از سطح زمین کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه انتقال حرارت کندتر صورت خواهد گرفت.

- میزان کاهش دما با ارتفاع ثابت نبوده و بسته به شرایط مختلف، متغیر است. مقدار کاهش دما به ازای یک واحد افزایش ارتفاع را **گرادیان قائم دما** (Lapse rate) می‌نامند و معمولاً آن را با β نشان می‌دهند:
- معمولاً β را بر حسب واحد درجه سانتیگراد در هر کیلومتر نشان می‌دهند.

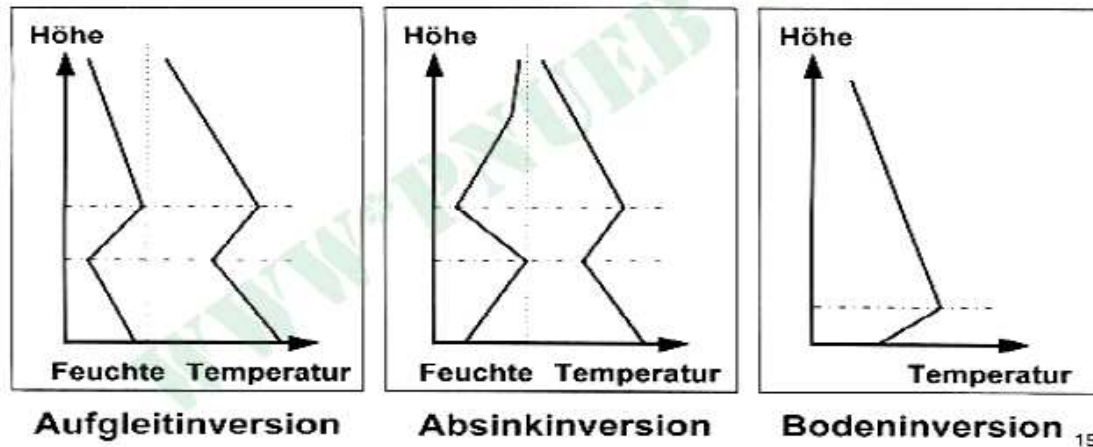
$$\beta = \frac{\Delta T}{\Delta Z}$$

وارونگی دما

- در بخشهای قبلی ملاحظه گردید که در تروپسفر، با افزایش ارتفاع، قاعدتاً بایستی که دما کاهش پیدا نماید. اما بعضی مواقع حالاتی پیش می‌آید که این روند بر هم خورده و با افزایش ارتفاع در برخی لایه‌های اتمسفری (تروپسفر)، دما افزایش خواهد یافت. چنین حالتی را که در آن با افزایش ارتفاع، میزان دما افزایش پیدا می‌کند را **پدیده وارونگی** می‌نامند.

در شکل زیر نمونه‌هایی از حالات وارونگی دمایی نشان داده شده است.

□ Inversionen



(ج)

(ب)

(الف)

- حالت (الف) را وارونگی دمایی سطحی می‌نامند چرا که در نزدیکی سطح رخ می‌دهد.
- حالت (ب) را وارونگی دمایی در لایه‌های بالاتر گویند.

در طبیعت عوامل مختلف و متعددی باعث ایجاد لایه وارونگی می‌شوند که این عوامل و نوع وارونگی حاصل از آنها به شرح زیر است:

- وارونگی تشعشعی که در اثر تشعشع زمینی در طول شب شکل می‌گیرد.
- وارونگی دمایی که در اثر وجود گرد و غبار و یا ابرها شکل می‌گیرد.
- وارونگی که در اثر نزول توده‌ای از هوا شکل می‌گیرد.
- وارونگی توربولانسی که در اثر توربولانس مکانیکی، شکل می‌گیرد.
- وارونگی جبهه‌ای که در اثر جابجایی توده هوای سرد و گرم شکل می‌گیرد.
- وارونگی فرونشینی که در اثر اختلاف فشار لایه‌های بالایی و پائینی شکل می‌گیرد.

تأثیرات وارونگی دمایی

وجود لایه وارونگی دمایی در هر طبقه‌ای از جو باعث پایداری هوا در همان لایه می‌شود. بنابراین باعث ایجاد یکسری تأثیرات می‌گردد که عمده آنها به صورت زیر است:

- جلوگیری از انتشار عمودی ابرها و در نتیجه سقف ابر در زیر لایه وارونگی قرار می‌گیرد.
- شکست تشعشعات ورودی خورشیدی به زمین که در اثر اختلاف دانسیته لایه وارونگی با لایه‌های بالا و پائین ایجاد می‌شود.
- ایجاد اختلال در انتقال امواج رادیویی و راداری.
- تأثیر بر روی انتشار آلودگی‌ها و تجمع آنها.

دمای خاک

- یکی از عوامل مهم و موثر در خاک، دمای خاک است. دمای خاک از جهات زیادی در کشاورزی و مدل‌های اکولوژیکی مورد نیاز است. مواردی مانند: تاثیر دما بر جوانه زنی بذور، نرخ واکنش‌های بیوشیمیایی خاک، کاهش مصرف حشره کش ها و علف کش ها، تبدیل کودهای ازته و یخ زدن خاک.

درجه حرارت خاک

- درجه حرارت خاک یکی از ویژگی های عمده آن بوده و رشد و نمو گیاه و تکوین فرایندهای خاکسازي در گرو تغییرات آن می باشد. در دمای کمتر از صفر درجه سانتیگراد فعالیت های زیستی موجود نبوده و آب به حالت مایع نمی تواند حرکت کند و جوانه زنی متوقف می گردد. دمای خاک در هر زمان و هر عمق متفاوت بوده و در طی روز و سال نوسان دارد. در اغلب موارد دمای خاک نسبت به دمای هوا از نظر اکولوژیکی برای گیاه مهمتر می باشد.

عوامل موثر بر دمای خاک عبارتند از:

1. ابرناکی
2. بارندگی
3. خصوصیات سطح زمین
4. نوسانات دمای خاک

- **ابرناکی** مقدار، نوع و ارتفاع ابر تاثیر مهمی بر تغییرات شبانه روزی دمای خاک دارد. هرچه میزان ابر بیشتر و ارتفاع آن کمتر باشد تاثیر بیشتری بر کاهش تغییرات دما دارد.
- **بارندگی**. بارندگی نیز بدلیل مرطوب کردن خاک و افزایش شدید قابلیت هدایت حرارتی دامنه نوسان دما را کاهش می دهد.

- **خصوصیات سطح زمین:** شامل جنس، پوشش، پستی و بلندی و شیب و . . . می باشد. که هر در دمای خاک موثر هستند مثلاً دمای شیبهای جنوبی بیشتر از شیبهای شمالی است.
- **نوسانات دمای خاک:** دمای خاک در اعماق مختلف و در زمانهای مختلف (طی روز و سال) مقدار ثابتی نبوده و دارای تغییرات پریودیک می باشد. دامنه تغییرات دمایی خاک از سطح به عمق کاهش می یابد و این کاهش تا جایی ادامه می یابد که در آنجا دما برابر میانگین سالانه است که به این عمق، **عمق میرش یا عمق استهلاك** می گویند.

میانگین سالانه دمای خاک

- هر نوع خاکی دارای يك میانگین سالانه دما است که ضرورتاً در کلیه افقها و کلیه اعماق مختلف و زیرین خاک یکسان است. میانگین اندازه گیری شده دمای خاک بندرت در کلیه اعماق متوالی يك منطقه خاص یکسان است ولیکن این تفاوت های دمایی به قدری کوچک است که در نظر گرفتن يك مقدار واحد به عنوان میانگین سالیانه دمای خاک منطقی بنظر میرسد. عمق مبنا عموماً 50 سانتی متر می باشد.

رژیم حرارتی خاک

- رژیم حرارتی خاک معمولاً شامل جریان حرارتی در خاک، خصوصیات دمایی خاک و تبادل حرارتی بین خاک و هوا می باشد و معمولاً بر حسب دمای خاک بیان می شود. رژیم حرارتی خاک یکی از مهمترین عواملی است که فعالیت های بیولوژیکی و فرایندهای در ارتباط با تولید گیاهان را کنترل می کند. این واقعیت به اثبات رسیده است که میزان تجزیه مواد آلی و معدنی شدن اشکال آلی نیتروژن با دما افزایش پیدا می کند.