هوا و اقلیم شناسی

مدرس: زهره ابراهیمی خوسفی

۱- هوا و اقلیم شناسی Meteorology & Climatology :

هوا لایه ای گازی به ضخامت ۸۰ تا۱۰۰کیلومتر است که اطراف سیاره زمین را احاطه کرده است و توسط نیروی جاذبه نگه داشته می شود. هوا را با نام های اتمسفر، نیوار و جو نیز می شناسند. ضخامت واقعی هوا ۱۰کیلومتر است که بین۰ در قطب وتا۲۰ کیلومتردر استوا تغییرمی کند.
اتمسفر زمین تا ارتفاع ۸۰ کیلومتری وزنی معادل $۵/۶\times۱۰^{۱۴}$ تن دارد.

۱-۱- علت ماندن گاز در اطراف سیاره زمین :

۱- نیروی ثقل(سنگینی)
۲- درجه حرارت مناسب (درجه حرارت هوا آن قدر زیاد نیست که ملکول های هوا بتوانند فرار کنند و از جو خارج شوند.) کمترین درجه حرارت ثبت شده در اتمسفر سیاره زمین (ضخامت۰ تا۲۰ کیلومتری) $-88.3°C$ (۱۹۶۰) و بالاترین $65°C$ است.
۳- سرعت لازم برای این که ملکول های هوا بتوانند از جو خارج شوند $11.3km/sec$ می باشد.

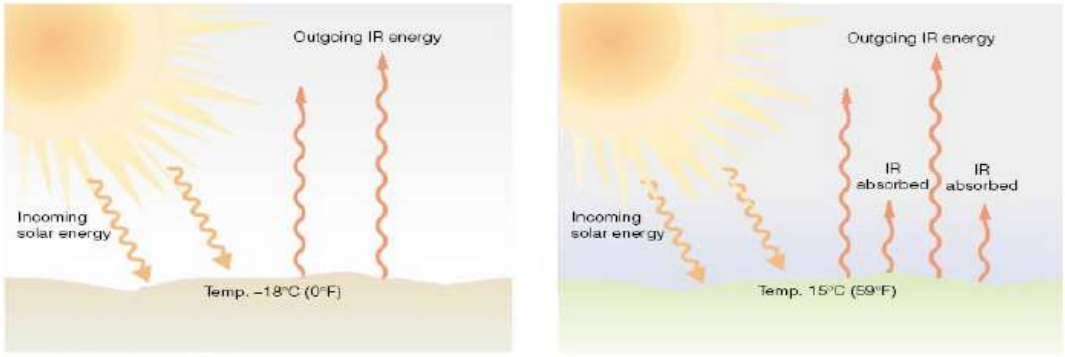
دردمای $0°C$ و فشار $76cmHg$ چگالی هوا در سطح زمین $1.3kg/m^3$ است.
۵۰ درصد جرم هوا در ارتفاع کمتر از۵/۵ کیلومتری اول سطح زمین و ۲۵ درصد دیگر در فاصله ۵/۵ تا۱۱ کیلومتری و ۲۵ درصد دیگر در ۱۱تا۸۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد.

۱-۲- ترکیبات هوای خشک :

هوای خشک شامل ۷۸/۰۸ ٪ ازت ، ۲۰/۹۵٪ اکسیژن ، ۰/۹۳٪ آرگون ، ۰/۰۳۲٪ دی اکسید کربن و مقادیر خیلی کم ۰/۰۱٪ نئون ، هلیوم ، هیدروژن و آمونیاک و... می باشد.

۱-۲-۱- ازن در جو (O_3) :

هر ملکول ازن شامل ۳ اتم اکسیژن میباشد. ازن طی واکنش هایی که طی جذب اشعه فرا بنفش خورشید می انجامد تشکیل می شود. ازن در قسمت بالایی لایه دوم جو یعنی استراتوسفر تشکیل می شود و ملکول های تشکیل شده در جو نزول نموده و در قسمت های تحتانی استراتوسفر یعنی ارتفاع بین ۱۵تا۲۵ کیلومتری از سطح دریا متمرکز می شوند. گاز ازن دارای خاصیت گلخانه ای(Greenhouse effect) می باشد یعنی نسبت به طول موج کوتاه خورشید شفاف بوده ولی نسبت به بعضی از طول موج های ساطع شده از زمین و هوا نیمه شفاف است. خاصیت گلخانه ای یکی از عوامل موثر در گرم شدن زمین می باشد.



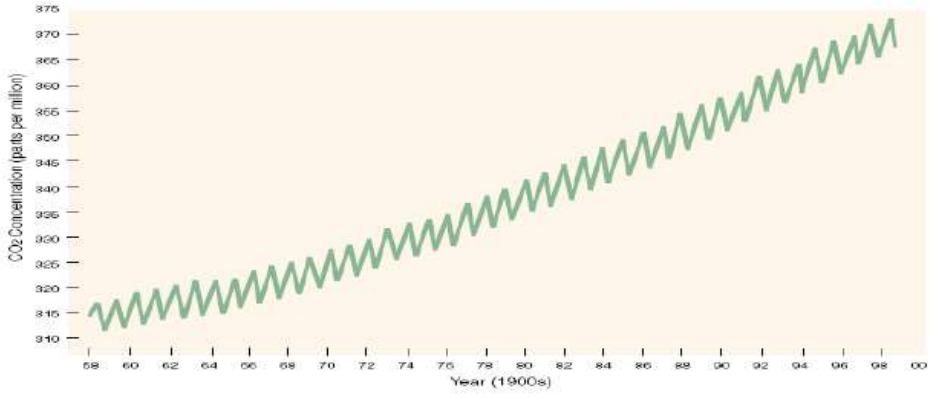
(a) Without greenhouse effect (b) With greenhouse effect

۱-۲-۲- بخارآب در جو(H_2o) :

اتمسفر در اطراف سیاره زمین دارای بخارآب می باشد که به چشم مرئی نمی باشد. مقدار آن از نظر وزنی به ندرت از ۳ درصد در اتمسفر تجاوز نمی کند. اگرچه مقدار بخار آب در جو ناچیز است می تواند نتایج بسیار مهمی مثل ابر ، مه ، برف، باران و تگرگ را داشته باشد. این گاز نیز دارای خاصیت گلخانه ای نیز می باشد. مقدار بخار آب از نظر حجمی در مقیاس جهانی ۱ درصد می باشد که بین ۰ تا ۴ درصد نیز میرسد.

۱-۲-۳- دی اکسید کربن در جو :

گرچه مقدار دی اکسید کربن در جو بسیار ناچیز است (۰/۰۳۲٪) اما از نظر فتوسنتز در گیاهان یکی از مهمترین گازهای اتمسفر به حساب می آید. از دیگر خواص این گاز خاصیت گلخانه ای آن می باشد که در اثر گرم شدن هوا از اهمیت ویژه ای برخوردار است.



رابطه دی اکسید کربن و زمان

۱-۲-۴- ناخالصی هوا (هواویزها و آئروسل ها) :

ناخالصی هوا به دو قسمت جامد و گازی تقسیم می شود. ناخالصی های گازی شامل گازهای سولفورو ، سولفوریک ، آمونیاک و با قیمانده های احتراق می باشد که در نواحی صنعتی به وجود می آید. دسته دوم ناخالصی های غباری شکل هستند. هوا همیشه دارای ذرات بسیار ریز غبار از جنس مواد آلی و معدنی هستند که مبدا آن ها متفاوت است. اهم آن ها عبارتند از:

۱- ذرات شن و خاک که به وسیله باد از سطح زمین به خصوص مناطق کویری جدا شده و در فضا پراکنده می شود.

۲- خاکسترهای آتشفشانی که گاهی در ارتفاعات بالای جو نیز مشاهده می شود. آتشفشان ها حجم زیادی بخارآب ، دی اکسید کربن و دی اکسید سولفورو(So_2) وارد اتمسفر می کنند.

۳- دانه های گرده گیاهان که توسط اندام نر گیاهان در هوا منتشر می شود.

۴- نمک هایی که ناشی از تبخیر قطرات ریز آبی است که در اثر اصطکاک امواج درسطح دریاها و یا برخورد امواج به ساحل پدید می آید. این ذرات و قطرات کوچک به وسیله باد به لایه های فوقانی منتقل شده و پس از تبخیرآب ، نمک آن در فضا باقی می ماند.

اندازه ذرات غبار معلق در هوا بسیارمتفاوت است ولی به طور متوسط می توان گفت که ابعاد این ذرات حدود ۰/۲ میکرون است. این ذرات که در لایه های تروپوسفر فراوان دیده می شود با افزایش ارتفاع از تعداد آن ها کاسته می شود.

۱-۲-۵- مطالب تکمیلی :

ضخامت لایه ای که حاوی ازن می باشد بین ۱۶ تا۳۰ کیلومتر است. مقدار ازن در جو کم می باشد به طوری که اگر کل ازن جو را در فشار متعارف روی هم انباشته کنیم ضخامت آن از چند میلی متر تجاوز نمی کند. ازن در برابر پرتوهای فرابنفش(Ultraviolet) مانند یک جسم سیاه عمل کرده و با جذب آن ها از نفوذ تابش های زیان آور فرابنفش در سطح زمین جلوگیری به عمل می آورد.

۱-۲-۶- مطالب تکمیلی :

اگرچه وزن ملکولی بخار آب از وزن سایر تشکیل دهنده جو کمتر است، با این وجود بخار آب عمدتا" در لایه های پایین جو متمرکز می باشد. وجود اقیانوس ها به عنوان منبع تامین بخارآب و سرد بودن لایه های فوقانی

جو که مانع از نفوذ و نگهداشت آب می شود، دو عامل اصلی زیاد بودن بخار آب در نزدیکی سطح زمین می باشد.

۱-۳- مزیت های هوا :

۱- هوا در اطراف سیاره زمین باعث می شود تا انرژی به صورت گرما جابجا شود.

گرما (Heat) :

- (Sesible) محسوس : دمایی که دماسنج آن را اندازه گیری می کند.

- (Latent) نهان : زمانی که H_2O تبدیل به بخارمی شود ۵۸۰cal/gr انرژی جذب می کند و گرمای نهان در داخل بخار آب می باشد.

۲- هوا باعث انتقال بخارآب می شود.

۳- هوا باعث تعادل گرمایی زمین می شود. یعنی باعث می شود که در این سیاره درجه حرارت های بسیار زیاد یا کم به وجود نیاید. هوا می تواند تشعشع گرمایی با امواج بلند را که توسط زمین فرستاده می شود، نگه دارد و اجازه ندهد زمین گرمای خود را زود از دست دهد.

۴- هوا می تواند اشعه فرابنفش را توسط ازن کنترل نماید.

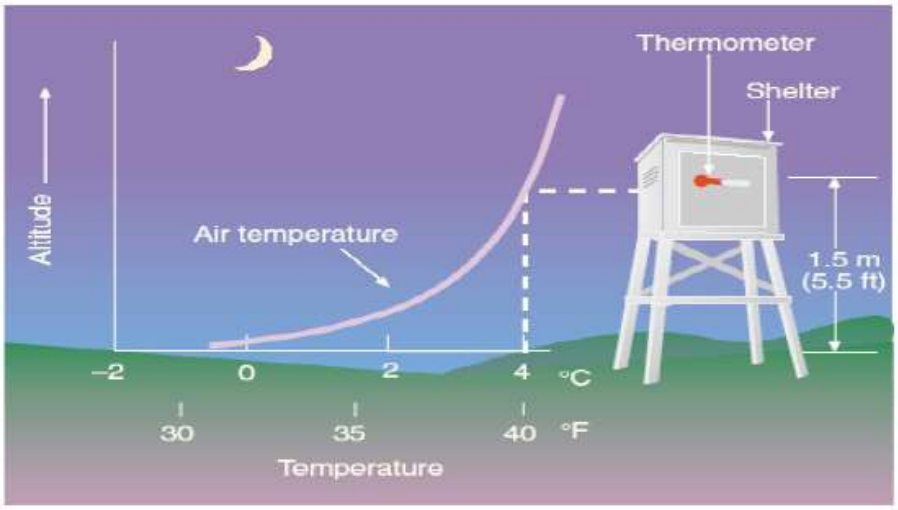
۵- هوا موجودات زنده را درمقابل سنگ های آسمانی محافظت نماید.

۶- هوا از نظر پیدایش پدیده های جوی بسیار اهمیت دارد. تمام پدیده ها شامل ابر، باران و برف در هوا انجام می شود. در واقع اتمسفر جایگاه پیدایش پدیده های جوی است.

Meteor یعنی پدیده جوی و Logy به معنی شناختن است.

هر گونه پدیده ای که در اتمسفر انجام شود Meteor نام دارد.

1.Hydro Meteor	پدیده های آبی که منبع آن آب است.
2.Litho Meteor	پدیده های خاکی که منبع جامد(گرد و غبار و دود) دارند.
3.Photo Meteor	پدیده های نوری مثل رنگین کمان



تغییرات دما و فشار با ارتفاع

۱-۴- تقسیمات عمودی جو :

به طور کلی اتمسفر بر اساس تغییرات دما از ۴ قسمت کاملا" متفاوت تشکیل شده است شامل:

۱- تروپوسفر Troposphere

۲- استراتوسفر Stratosphere

۳- مزوسفر Mesosphere

۴- ترموسفر Thermosphere

۱-۴-۱- تروپوسفر:

پایین ترین لایه جو که در برگیرنده بیشترین جرم هواست تروپوسفر می باشد. از ویژگی های این لایه می توان کاهش تدریجی دمای هوا نسبت به ارتفاع را نام برد. ضخامت متوسط لایه تروپوسفر11km می باشد. ضخامت این لایه در قطب حداقل به 0km و در استوا به مقدار حداکثر 20km می رسد.

در لایه تروپوسفر تقریبا" $\Delta T/\Delta Z= -6°C/km$ و این گرادیان منفی باعث می شود بخار آب در این لایه ثابت باقی بماند. در این مسیر یک جایی بخارآب به مایع تبدیل شود.

برای پیدایش آب دو شرط لازم است:

۱- وجود بخار آب

۲- مکانیزم سرد شدن

با افزایش ارتفاع، بخارآب کم ، درجه حرارت کم و سرعت باد افزایش می شود. دلیل افزایش سرعت باد کاهش اصطکاک با موانع طبیعی است. کلیه پدیده های جوی (ایجاد ابر، بارش و باد) در لایه تروپوسفر رخ می دهد یعنی این لایه جایگاه پیدایش کلیه پدیده های جوی است. ضخامت این لایه در تابستان بیشتر از زمستان است یعنی ضخامت تروپوسفر به دما بستگی دارد.

فشار هوا در بالای لایه تروپوسفر ¼ فشار هوادر سطح دریاست.

به بالاترین قسمت لایه تروپوسفر تروپوپاز Tropopause گفته می شود.

۱-۴-۲- استراتوسفر:

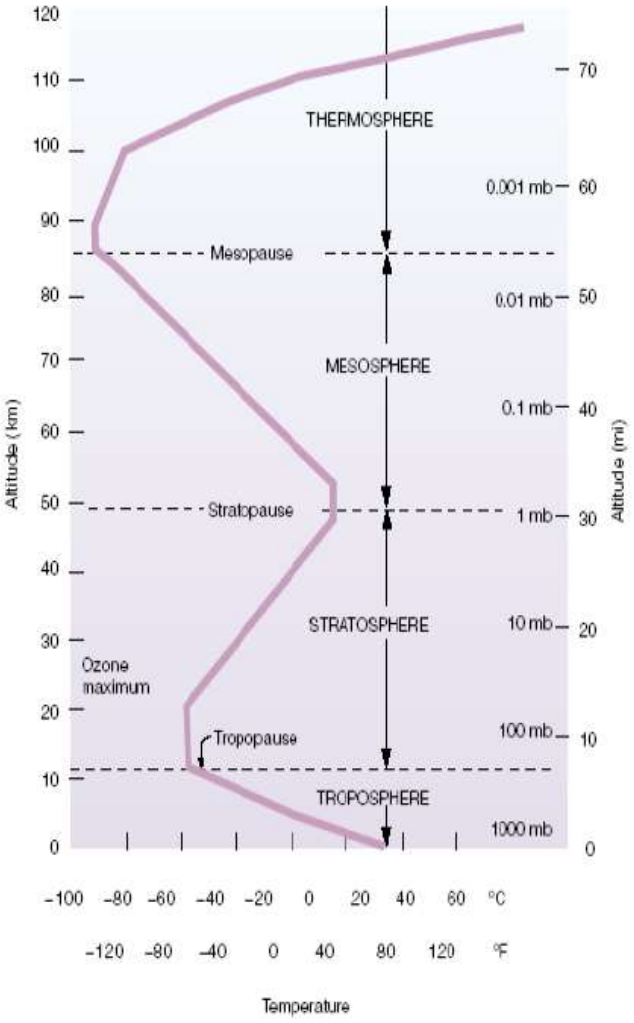
روی لایه تروپوسفر، لایه استراتوسفر قرار دارد و ضخامت آن حدود 38km است. در 11km لایه اول $\frac{\Delta T}{\Delta Z} = 0$ و حالت ایزوترم (هم دما) داریم و در قسمت بعد $\frac{\Delta T}{\Delta Z} > 0$ می باشد یعنی گرادیان دما در این لایه مثبت است. منبع حرارت لایه دوم جو (استراتوسفر) در قسمت فوقانی این لایه استراتوپاز Stratopause نام دارد.

۱-۴-۳- مزوسفر:

لایه مزوسفر در بالای لایه استراتوسفر واقع شده، در این لایه دمای هوا با افزایش ارتفاع به طور سریع کاهش می یابد($\frac{\Delta T}{\Delta Z} < 0$) . لایه مزوسفر از قسمت زیرین خود انرژی کسب می کند. ($\frac{\Delta T}{\Delta Z} = -3°C$) قسمت فوقانی لایه مزوسفر، مزوپار (Mesopause) نام دارد و محلی است که کمترین دما را داراست.

۱-۴-۴- ترموسفر:

انتهایی ترین لایه جو می باشد.گرادیان دما در این لایه مثبت می باشد، که تحت تاثیر منبع گرمایی فوقانی این لایه می باشد. این لایه از ارتفاع ۸۰ تا ۱۹۰ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد .



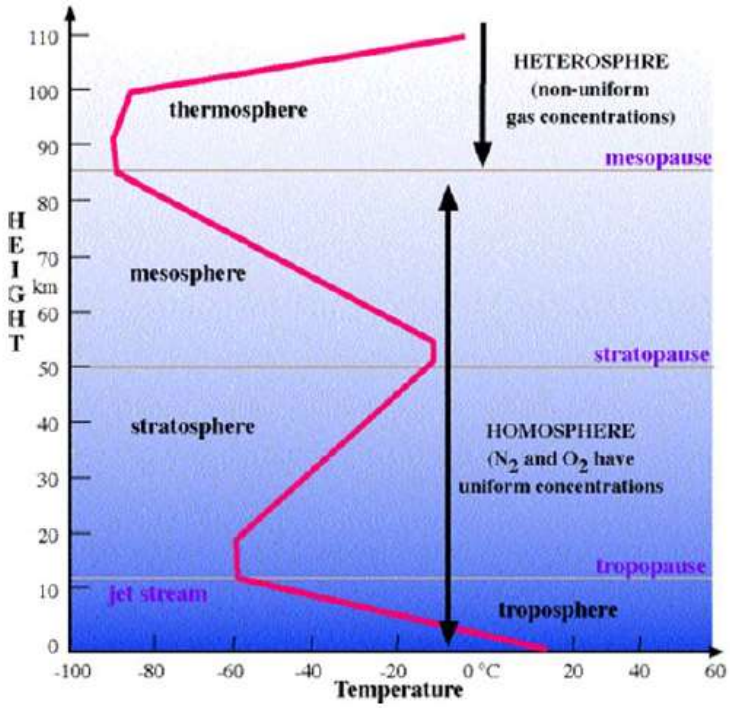
رابطه فشار و چگالی هوا با ارتفاع

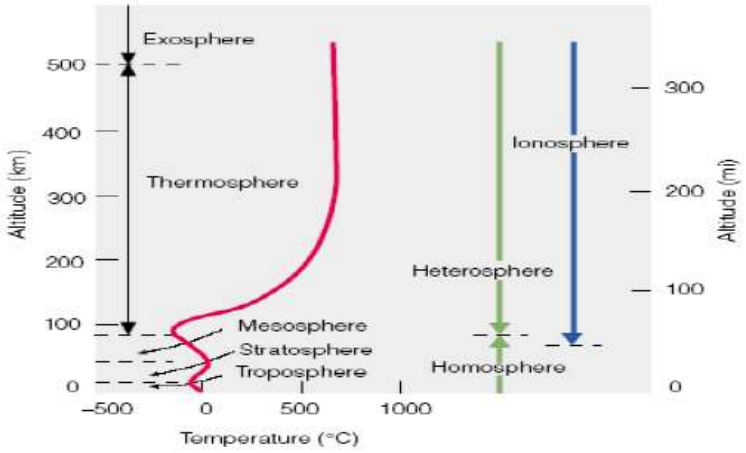
۱-۵- جو همگن (هوموسفر Homosphere) :

هوموسفر بخشی از پوشش گازی زمین است که ارتفاع آن تا 80km از سطح زمین می باشد.گازهای تشکیل دهنده اتمسفر در این بخش مخلوط بوده و نسبت اختلاط آن ها جز در موارد استثنایی ثابت است.

۱-۶- جو ناهمگن (هتروسفر Hetrosphere) :

دربالای ارتفاع 80km اختلاط گازهای جوی به خوبی انجام نمی شود و اتم های سنگین تحت تاثیر نیروی جاذبه در پایین قرار می گیرند. این قسمت از اتمسفر که از نظر ترکیب اتم های تشکیل دهنده لایه لایه است، هتروسفر نام دارد.





Layers of the atmosphere based on temperature (red line), composition (green line), and electrical properties (blue line).

۱-۷- هوا شناسی یا متئورولوژی (Meteorology):

مطالعه لایه های مختلف جو و کلیه پدیده هایی را که در آن به وقوع می پیوندد ، هواشناسی گویند. پدیده های جوی درون اتمسفر شامل ریزش ها ی جوی، دما ، فشار و باد و ... می باشد.

۱-۸- اقلیم شناسی (Climatology):

عبارتست ازمطالعه علت ها ، تغییرات و توضیح علت ها.

در اقلیم شناسی عمدتا علم آمار به کار می رود که بر اساس آمار دراز مدت مورد مطالعه قرار می گیرد. عموما" اقلیم یک منطقه با دو پارامتر دما و بارش سنجیده می شود.

هوا شناسی به کمک علم فیزیک علت ، شرایط و پیدایش پدیده های جوی را بحث می کند که از مهم ترین آن ها پیش بینی های کوتاه مدت هوا را می توان نام برد.

نحوه تشکیل ازن :

۱. ملکول های اکسیژن بر اثر تابش مستقیم فرابنفش با طول موج کمتر از ۰/۲ میکرون به ۲ اتم اکسیژن تجزیه می شود:

$O_2 + h\upsilon \rightarrow O + O$

در این معادله $h\upsilon$ معرف انرژی است. h ثابت پلانک و υ فرکانس تابش است.

۲. این اتم های آزاد شده نیز می توانند با دیگر ملکول های اکسیژن ترکیب شده و ازن را تشکیل دهند.

$O_2 + O + h\upsilon \rightarrow O_3 + M$

در این فرمول M هر نوع اتم یا ملکولی است که وجودش واکنش بالا را تحریک کند.

۳. از طرف دیگر چون ازن نسبت به ملکول های معمولی O_2 پایداری کمی دارد بر اثر تابش خورشید که طول موج آن ها بیشتر از ۰/۲ میکرون باشد, به اتم و ملکول اکسیژن تجزیه می شود:

$O_3 + h\upsilon \rightarrow O_2 + O$

$O_3 + O \rightarrow 2\,O_2$

در زمان تجزیه مقداری انرژی آزاد می شود که $\lambda = 0.29\ \mu$ و لایه ازن این طول موج را جذب می کند.

ازن در محدوده طول موج های بلند (۹/۶ میکرون) نیز قدرت جذب بالایی دارد از این رو وجود آن در بیلان گرمایی استراتوسفر مهم است.

مقدار ازن در بهار حداکثر و در پاییز حد اقل است. در عرض جغرافیایی ۶۰ حداکثر و در نواحی استوایی حداقل است. در حوزه های کم فشار مقدار آن حداکثر و در حوزه های پرفشار حد اقل است.

۱-۹- هواشناسی کشاورزی :

علمی است که کاربرد هواشناسی در کشاورزی را مورد بحث و بررسی قرار می دهد.

۲- تشعشع و بیلان انرژی Radiation & Energy Balance :

۲-۱- منشا انرژی :

خورشید منبع اصلی تامین انرژی برای تمام اعمال حیاتی و غیر حیاتی در سیارات منظومه شمسی از جمله کره زمین می باشد. خورشید یکی از میلیون ها ستاره موجود در منظومه شمسی به شمار می رود و همانند کره گازی ملتهبی می باشد. به دلیل گرمای فوق العاده زیاد درونش وجود مواد در آن به صورت جامد یا مایع امکان پذیر نمی باشد و تمامی مواد موجود درآن به صورت یون می باشد. منبع انرژی درون خورشید به علت انجام واکنش های هسته ای می باشد که در آن ۴ اتم هیدروژن به یک اتم هلیوم تبدیل می شود. متخصصان

فیزیک نشان داده اند که جرم هسته هلیوم ایجاد شده قدری کمتر از جرم هسته های هیدروژنه ای است که آن را می سازد. بنابراین جرم اضافی طبق تئوری نسبیت انیشتین یعنی $E = mc^2$ به انرژی تبدیل می شود. در این فرمول m جرم بر حسب gr و c سرعت نور بر حسب cm/sec و E برحسب Erg می باشد. $Erg = gr\ cm^2/sec^2$

چون مقدار c بسیار زیاد است (۳×۱۰^{۱۰} cm/sec) از تبدیل مقدار بسیار کمی جرم انرژی عظیمی حاصل می شود. انرژی خورشیدی به صورت تشعشع از فضا گذشته و به سیارات از جمله زمین می رسد. $4H \rightarrow He$

درجه حرارت درونی خورشید ۱۰تا۱۵ میلیون درجه کلوین تخمین زده شده است و دمای لایه خارجی خورشید ۶۰۰۰ درجه کلوین می باشد.

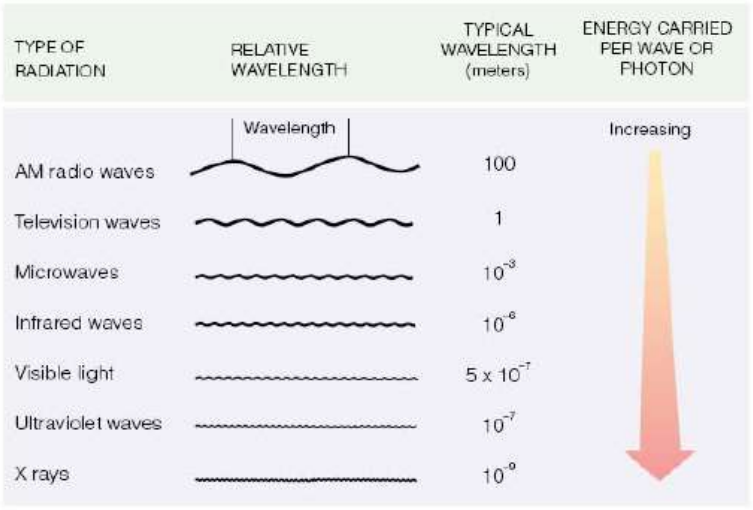
۲-۲- خصوصیات فیزیکی تشعشع :

۲-۲-۱- ماهیت تشعشع :

هرجسمی که دمایش بیشتر از صفر درجه مطلق باشد به فضای اطراف خود انرژی ساطع می کند (پس می دهد.) انرژی انتقال یافته به این روش و طرز عمل انتشار آن روی هم رفته تشعشع Radiation نامیده می شود. تشعشع به خاطر سرعت زیاد انتشار برابر سرعت نور و عدم احتیاج به محیط مادی برای انتشار از دیگر فرم های انتقال انرژی مانند هدایت و جابجایی متمایز می گردد. در مدل انتشار موجی شکل تشعشع ، طول موج λ طبق رابطه زیر با تواتر υ (فرکانس) نسبت عکس دارد: $\lambda=c/\upsilon$

تشعشع الکترو مغناطیس به انواع متعددی که تنها از نظر طول موج و فرکانس با یکدیگر متفاوتند تقسیم می گردد. به ترتیب افزایش طول موج عبارتند از: اشعه کیهانی، اشعه ایکس ، اشعه گاما، اشعه فرابنفش، نور مرئی، امواج فروسرخ، رادیویی وامواج الکتریکی.

امواج بلند رادیویی امواج کوتاه رادیویی مادون قرمز نور مریی فرابنفش اشعه x



Radiation characterized according to wavelength. As the wavelength decreases, the energy carried per wave increases.

۲-۲-۲- تعاریف :

- جریان تشعشعی (Cal/min) (df) Radiant flux :

مقدار انرژی تشعشعی که در واحد زمان توسط یک جسم دریافت شده، پس داده شده و یا عبور کرده است.

- شدت جریان تشعشعی (df/dA) Radiant flux density : عبارتست

از مقدار جریان تشعشعی در واحد سطح.در هواشناسی $\frac{cal}{cm^2 min}$ یا $\frac{ly}{\min}$ به عنوان واحد شدت جریان تشعشعی به کار می رود.

($Ly = \frac{cal}{cm^2}$ لانگلی) گستره طیف اشعه ایکس تا امواج رادیویی

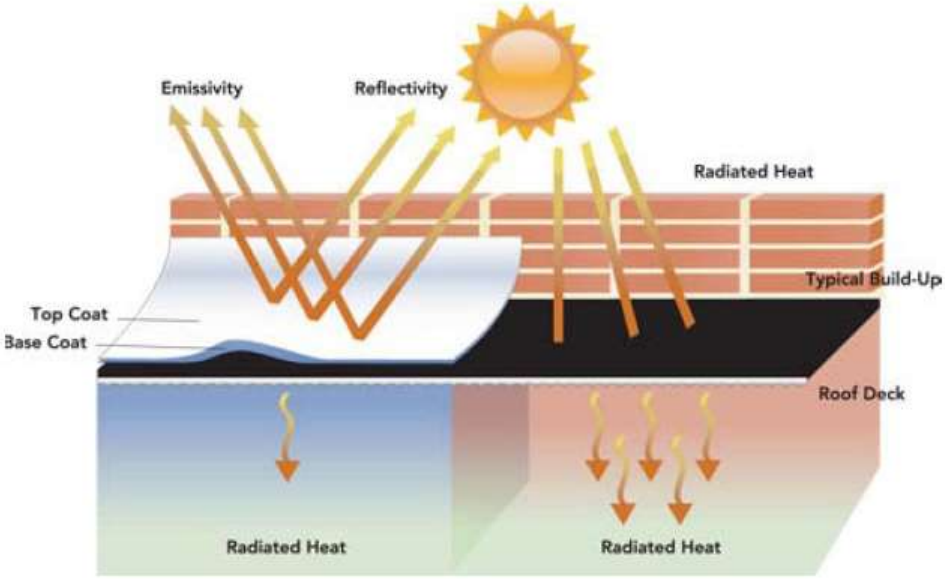
$\frac{ly}{\min} = 6.97\times10^{-2}\ w/cm^2 = 4.19\times10^{7}\ erg/cm^2 min$

- جسم سیاه: جسمی است که تمامی تشعشع رسیده به خود را جذب کند. a = 1
- جسم سفید: جسمی است که تمامی تشعشع رسیده به خود را منعکس می کند. a = 0
- جسم خاکستری: جسمی است که بخشی از تشعشع رسیده به خود را جذب می کند. $0 < a < 1$

اگر میزان جذب و یا پس دادن انرژی با طول موج فرق کند به جسم پس دهنده یا جذب کننده با خاصیت انتخابی گویند.

- قدرت پس دادن (e) Emissivity :

عبارتست از نسبت ساطع نمودن انرژی تشعشعی یک جسم در طول موج و دمای معین به قدرت ساطع نمودن تشعشع یک جسم سیاه در همان طول موج و دما. پس قدرت ساطع نمون تشعشع یک جسم سیاه برابر ۱ است.



- قدرت جذب(a) Absorptivity:

نسبت انرژی تشعشعی جذب شده به وسیله یک ماده به کل انرژی تشعشعی رسیده به آن را قدرت جذب می گویند.

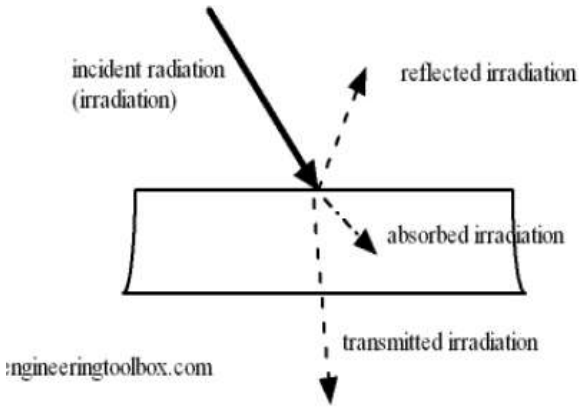
برای جسم سیاه:a=e=1 و برای جسم سفید: a = e = 0

- قدرت انتقال(t) Transmissivity:

نسبت مقدار انرژی تشعشعی انتقال یافته به کل انرژی تشعشعی رسیده به آن.

- قدرت انعکاس (r) Reflectivity :

نسبت انرژی تشعشعی انعکاس یافته به کل انرژی تشعشعی رسیده به یک ماده را قدرت انعکاس می گویند.



هر جسم خاکستری که انرژی تشعشعی دریافت می کند، مقداری از آن را جذب نموده و بخشی را منعکس می کند. علاوه برآن ممکن است قسمتی از انرژی دریافتی را از خود عبور دهد. با فرض این که a,t,r به ترتیب قدرت انعکاس، قدرت انتقال و قدرت جذب باشد، رابطه زیر برقرار است:

$$a_{\lambda,T} + r_{\lambda,T} + t_{\lambda,T} = 1$$

۲-۳- قوانین تشعشع :

۲-۳-۱- قانون پلانک :

اولین قانون تشعشع می باشد. این قانون چگونگی انرژی تشعشعی پس داده شده از یک جسم سیاه که تابعی از طول موج و دمای آن جسم می باشد به صورت زیر بیان می کند:

$$E_\lambda = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{(\frac{e^{C_2}}{\lambda}) - 1}$$

E_λ مقدار انرژی پس داده شده بر حسب $cal/cm^2.min.\mu$

T درجه حرارت جسم سیاه بر حسب $^\circ k$

C_1 برابر 1.49×10^{-14} بر حسب $cal/cm^2.min$

C_2 برابر ۱/۴۳۸۵cm.k

مقادیر $C_1=2\pi hc^2$ و $C_2=hc/k$ می باشد.

k ثابت بولتزمن و برابر $۸/۱۲۸\times۱۰^{-۱۱} cal/cm^2.min.k^4$

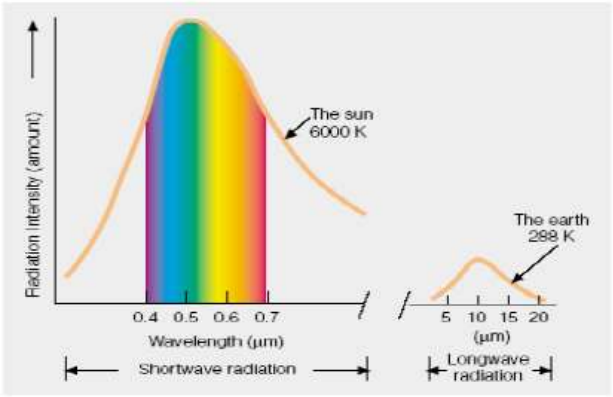
C سرعت نور و برابر ۳×۱۰^{۱۰} cm/sec

h ثابت پلانک و برابر $۶,۶۲۴\times۱۰^{-۲۷}$ erg.s

رابطه بین طول موج و انرژی تابشی برای زمین و خورشید :

خورشید و زمین را به عنوان اجسام سیاه در نظر می گیرند. خورشید با دمای ۶۰۰۰ درجه کلوین دارای دامنه طیف تشعشعی ۰/۱۵ تا حدود۳ میکرون می باشد.

زمین با دمای ۳۰۰ درجه کلوین دارای دامنه طیف تشعشعی ۳ تا حدود ۸۰ میکرون می باشد. بنابراین خورشید در یک طول موج مشخص انرژی ساطع نمی کند بلکه در یک طیف انرژی را ساطع می کند.



The hotter sun not only radiates more energy than that of the cooler earth (the area under the curve), but it also radiates the majority of its energy at much shorter wavelengths. (The scales for the two curves differ by a factor of 100,000.)

زمین در طول موج ۱۰میکرون بیشترین انرژی را ساطع می کند.

خورشید در طول موج ۰/۵میکرون بیشترین انرژی را ساطع می کند.

فاصله متوسط خورشید تا زمین ۱۵۰میلیون کیلومتر است و شدت انرژی رسیده به سیاره زمین به نسبت عکس مجذور فاصله کاهش می یابد. بنابراین به طور متوسط ۲میلیاردم از انرژی تابشی خورشید به سطح خارجی جو زمین می رسد.

واحد انرژی رسیده به سطح زمین کالری بر سانتی متر مربع بر دقیقه یا لانگلی بر دقیقه می باشد. مقدار انرژی بالای جو زمین ۲لانگلی بر دقیقه ودر سطح زمین ۱/۳ لانگلی بر دقیقه می باشد.

نشر و انتقال انرژی خورشیدی به هر دو حالت موجی و ذره ای (تشکیل شده از ذرات ریز انرژی به نام کوانتوم) انجام می شود. نظریه موجی تابش الکترو مغناطیس را ماکسول در اوایل قرن نوزهم عرضه کرد.

بر اساس این نظریه انرژی خورشید به صورت امواج پیوسته و پی در پی منتشر می شود. سرعت انتشار این امواج ثابت و برابر ۳۰۰هزار کیلومتر بر ثانیه (سرعت نور) می باشد. کوانتوم = ذرات ریز انرژی

مفهوم ذره ای :

قانون ذره ای یکی دیگر از قوانین پلانک در خصوص تابش خورشیدی است. طبق این قانون تشعشع الکترومغناطیس به صورت جریانی متشکل از کوانتا انتشار می یابد. انرژی هر کوانتوم ، E_q بر حسب ارگ از رابطه زیر به دست می آید:

$$E_q=h\upsilon=hc/\lambda$$

$$\upsilon=c/\lambda$$

h ثابت پلانک، υ تواتر یا فرکانس و λ طول موج می باشد. هرچه طول موج کم و فرکانس بیشتر باشد، مقدار انرژی هر کوانتوم نیز بیشتر خواهد شد. برای مثال انرژی کوانتای نورفرابنفش به مراتب بیشتر از کوانتای نور قرمز (مادون قرمز) می باشد.

مفهوم ذره ای در بسیاری از پدیده های مربوط به انرژی حاصل از دریافت تابش از جمله در عمل فتوسنتز مفید است.

۲-۳-۲- قانون جابجایی وین (wien) :

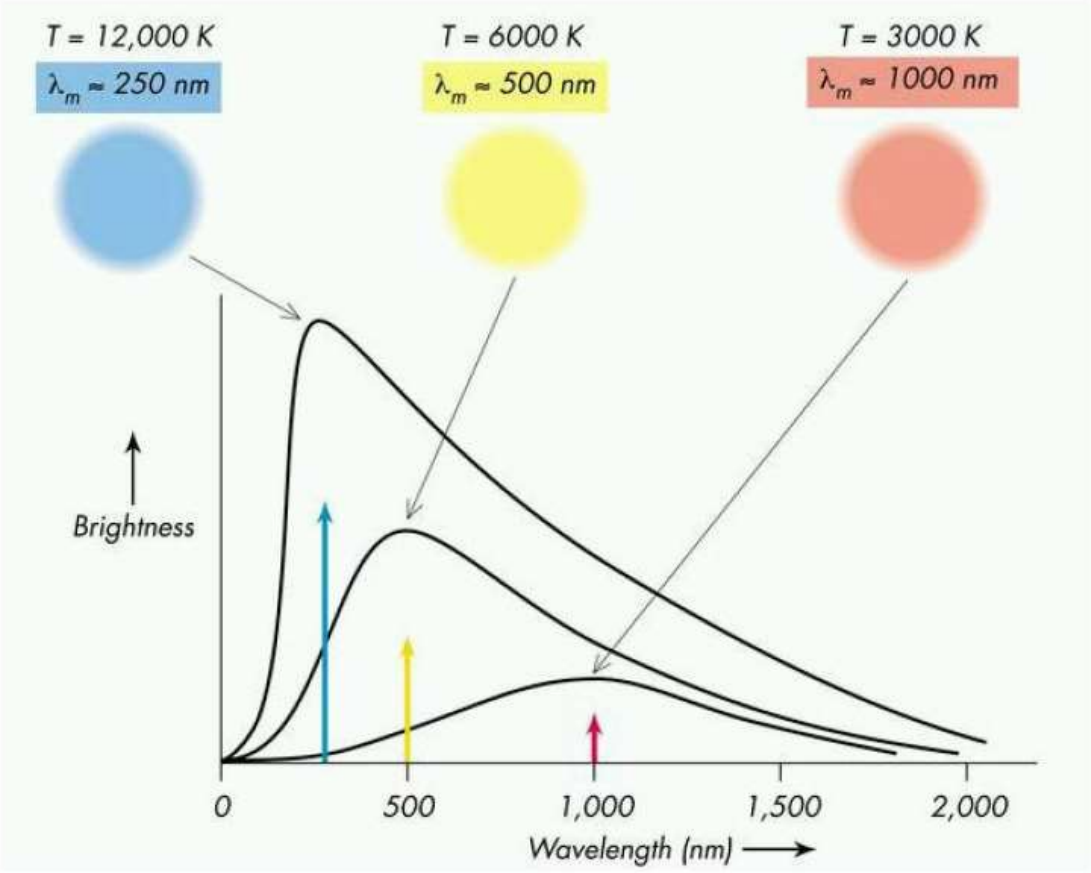
قانون جابجایی وین رابطه طول موج تشعشع ساطع شده ماکزیمم را به صورت تابعی از دمای مطلق جسم در حال تابش (T) به شکل زیر بیان می کند:

$\lambda_{max}=2898/T\sim3000/T$

λ_{max} طول موج ماکزیمم تشعشع ساطع شده بر حسب میکرون، T دمای مطلق جسم بر حسب درجه کلوین

$\lambda max=3000/300=10$ برای زمین

$\lambda max=0.5\ \mu$ برای خورشید



۲-۳-۳- قانون استفان بولتزمن Stefan boltzman :

طبق قـانون اســـتفان بولتزمن مقدار کل انرژی پس داده شـده از یک جسـم سـیاه برای تمامی طول موج ها، E از رابطه زیر به دست می آید:

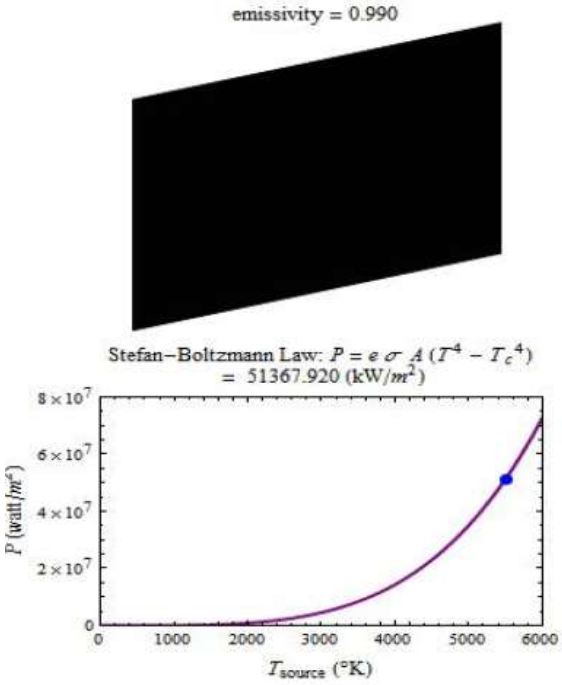
$$E=\delta T^4$$

که در آن E بر حسب کالری بر سانتی متر مربع بر دقیقه

Tدمای جسم بر حسب کلوین

δ ثابت بولتزمن و برابر $۸/۱۲۸\times۱۰^{-۱۱}$ کالری بر سانتی متر مربع بردقیقه بر نمای چهارم درجه کلوین می باشد.

سوال: اگر دمای جسمی دو برابر شود مقدار انرژی چگونه تغییر می کند؟



۲-۳-۴- قانون کرشف Kirchohhff's Low :

این قانون بیان می کند که برای طول موج و دمای معین قدرت جذب تشـعشـع توسط یک ماده برابر قدرت پس دادن تشعشع ازآن ماده است. یا به عبارتی اگر جسمی جذب کننده خوبی باشد ساطع کننده خوبی هم هست:

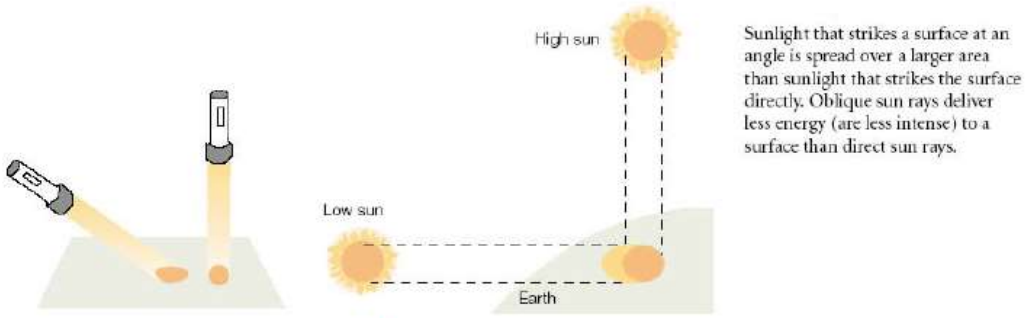
$$a_{\lambda,T} = e_{\lambda,T}$$

۲-۳-۵- قانون کسینوس لامبرت :

$$R = R_\circ \cos\alpha$$
$$R = R_\circ \sin\beta$$
$$\alpha + \beta = ۹۰^\circ \longrightarrow \sin\beta = \cos\alpha$$

α زاویه ای است که نور خورشید با خط عمود بر سطح ماده می سازد.

$R_\circ$ تشعشع عمود می باشد .



شدت تشعشع مایل و عمودی

۲-۴- تشعشع خورشیدی Solar Radiation :

خورشید تمامی انرژی رسیده به زمین را تامین می کند. این انرژی صرف فتوسنتز، گرم کردن هوا و خاک، تبخیر ، تعرق و... می شود. مقدار انرژی خورشیدی رسیده به یک سطح افقی در زمین به فاکتورهایی از جمله ثابت خورشیدی، فاکتورهای نجومی و ترکیبات اتمسفر بستگی دارد.

۲-۴-۱- ثابت خورشیدی Solar Constant :

مقدار تشعشع رسیده در خارج از اتمسفر زمین بر واحد سطح عمود بر مسیر تابش خورشید در متوسط فاصله زمین تا خورشید ثابت خورشیدی نامیده می شود.

ثابت خورشیدی = 1.94 تا 2 Langly/min = 1.94 ± 3.5٪ (1.94) = 1.88 تا 2 Cal/cm^2min

حدود نصف کل انرژی خورشیدی در قسمت قابل رویت طیف خورشیدی قرار دارد (۰/۴ تا ۰/۷میکرون). مقدار ثابت خورشیدی ثابت نیست و ۳/۵٪ کمتر یا بیشتر از 1.94 Langly/min می باشد که تحت تاثیر فاصله زمین از خورشید می باشد. بیشترین مقدار در ژانویه (زمستان) و کمترین مقدار در اواخر ژوئن و یا اوایل ژولای (تابستان) رخ می دهد.

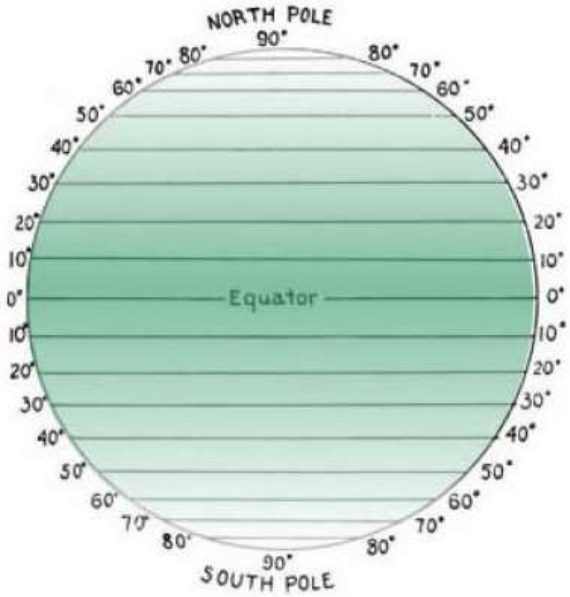
۲-۴-۲- اثر فاکتورهای نجومی :

زمین دارای دو حرکت می باشد یکی به دور خود وضعی و دیگری به دور خورشید انتقالی حرکت زمین به دور خود از غرب به شرق می باشد.

کمربند استوا کره زمین را به دو نیمکره شمالی و جنوبی تقسیم می کند.

عرض جغرافیایی(Latitude) :

خطوطی که به موازات خط اســتوا رســم می شــوند (۰ تا۹۰ درجه) شمالی و جنوبی. زاویه ای که خط واصل بین یک نقطه و مرکز زمین با صفحه استوا می سازد عرض جغرافیایی نام دارد.



عرض جغرافیایی در روی زمین

طول جغرافیایی(Longitut) :

به نیم دایره هایی گفته می شود که دو قطب را به هم وصل می کند. نصف النهاری که از گرینویچ عبور کرده صفر در نظر گرفته می شود و سایر نصف النهارها بین ۰ تا۱۸۰ درجه شرقی و غربی نام گذاری می شوند.

ظهر خورشیدی:

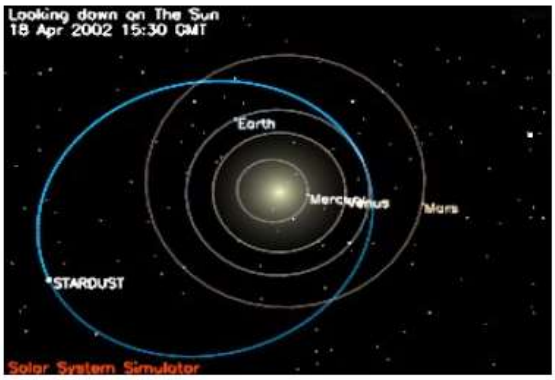
به لحظه ای گفته می شود که نصف النهار یک نقطه روبروی خورشید قرار می گیرد. در این صورت زاویه تابش حداکثر مقدار خود را دارد.

عرض جغرافیایی ایران: ۲۴ تا ۴۰ درجه شمالی
طول جغرافیایی ایران: ۴۴ تا ۶۳/۵ درجه شرقی
طول جغرافیایی اصفهان: ۴۱ تا ۵۱ درجه شرقی
عرض جغرافیایی اصفهان: ۳۲ تا ۴۱ درجه شمالی
مدار گردش زمین به دور خورشید بیضی نزدیک به دایره است که خورشید همواره در یکی از کانون های آن قرار دارد. محور زمین برصفحه گردش زمین به دور خورشید عمود نیست بلکه با خط عمود زاویه ′۲۳°۳۷ می سازد. همین امر باعث اختلاف فصول می شود.

محور زمین:
به خطی گفته می شود که قطب شمال را به قطب جنوب وصل می کند.

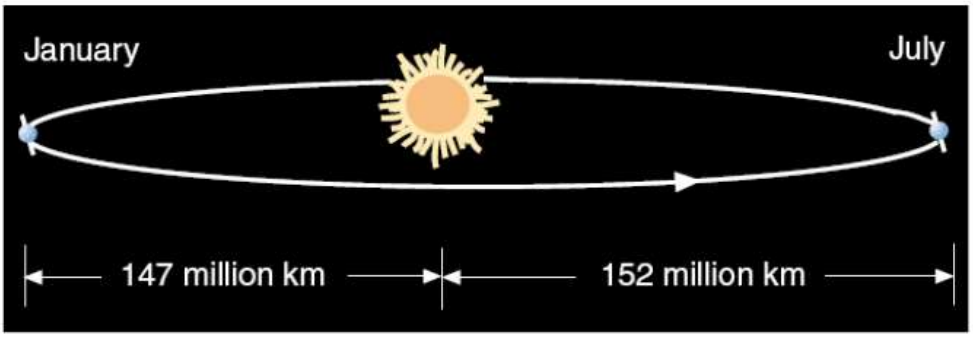
الف-خمیدگی خورشیدی:
زاویه ای است که جهت نور خورشید با صفحه استوا می سازد. اگر خورشید در بالای این صفحه باشد خمیدگی خورشیدی مثبت و اگر خورشید در پایین صفحه استوا باشد خمیدگی خوشیدی منفی است.
اول مهر و فروردین خمیدگی خورشیدی صفر می باشد یعنی خورشید روی ادامه صفحه استوا قرار دارد.
$\delta_{min} = -23°27'$
$\delta_{max} = 23°27'$

ب-قانون توازی parallelism :
محور زمین در همه حالات با هم موازی است.
$a = 90 - \Phi + \alpha$
a زاویه تابش ، Φ عرض جغرافیایی و α خمیدگی خورشیدی



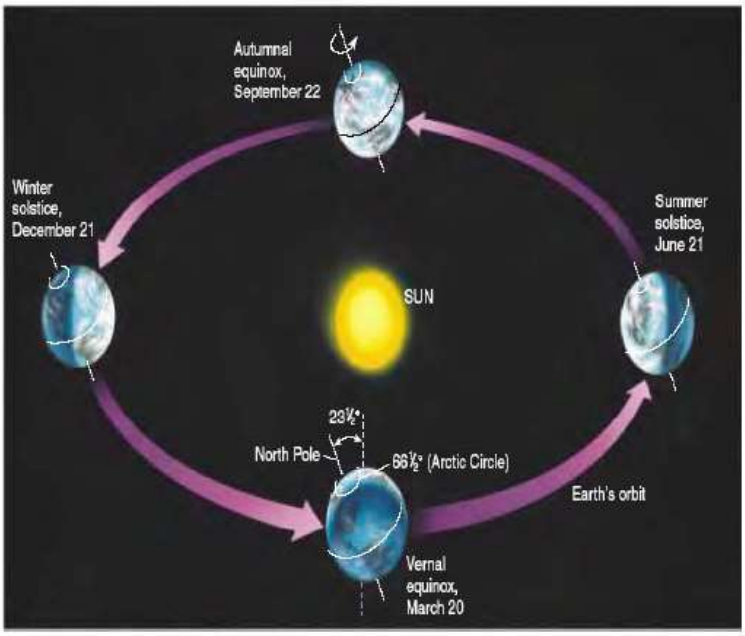
اوج *Aphelion*:
نقطه ای از مسیر گردش زمین به دور خورشید که زمین دور ترین نقطه را از خورشید دارد و از نظر زمانی تقریبا برابر ۱۳ تیر ماه است. (۱۵۲×۱۰^{۶})

حضیض *Perihelion*:
کوتاه ترین فاصله زمین تا خورشید که حدودا" در ۱۳دی ماه اتفاق می افتد. (۱۴۷×۱۰^{۶})



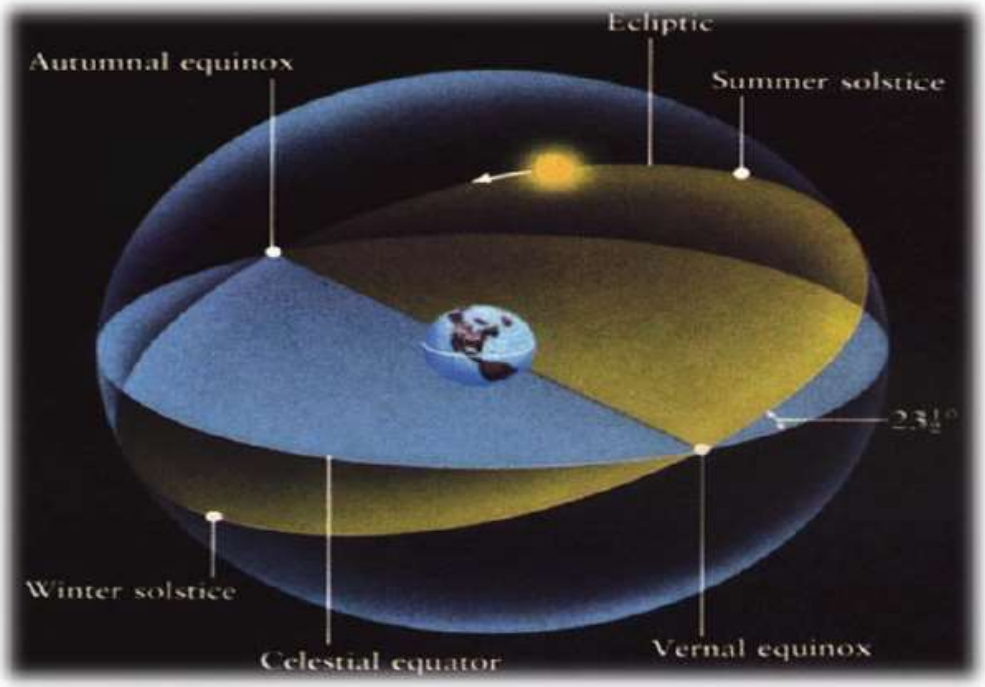
متوسط فاصله زمین تا خورشید ۱۴۹میلیون کیلومتر است و تقریبا" در تاریخ های ۱۵فروردین و ۱۳ مهرماه اتفاق می افتد.

در اثر گردش زمین به دور خورشید و پدیده توازی، فصول پدید می آید. زمانی که صفحه تشکیل شده از محور زمین و خط واصل بین مراکز زمین و خورشید به صفحه مدار گردش زمین به دور خورشید عمود می گردد ، زمین در یکی از وضعیت های انقلاب (Solstice) قرار می گیرد. در این وضعیت اگر قطب شمال به خورشید نزدیک باشد درنیمکره شمالی تابستان آغاز خواهد شد که از نظر زمانی مقارن ۳۱خرداد است و بلند ترین روز سال در نیمکره شمالی است و گفته می شود انقلاب تابستانه (summer soslice) در نیمکره شمالی رخ داده است.

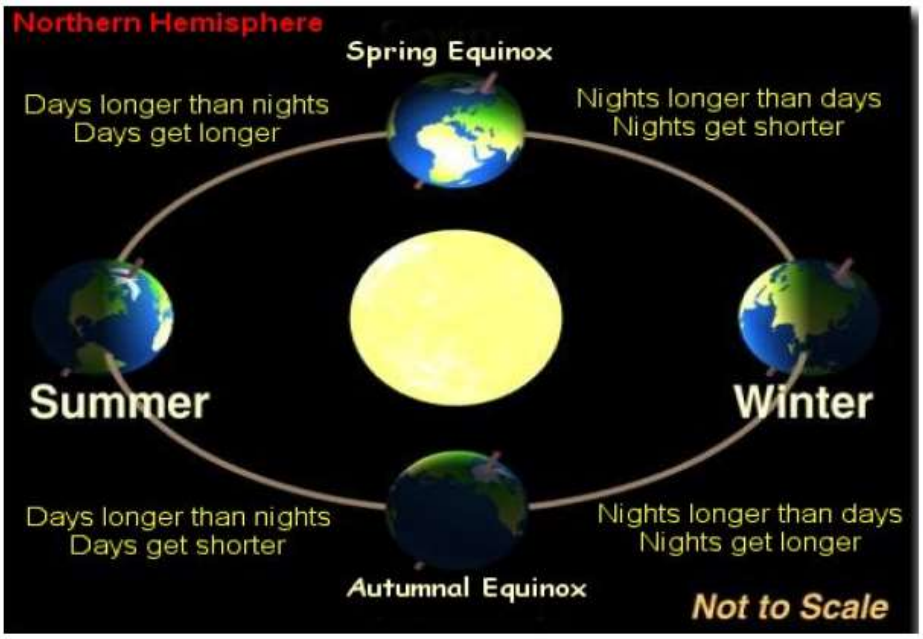


هر گاه در این وضعیت قطب جنوب به خورشید نزدیک تر باشد در نیمکره جنوبی تابستان آغاز گردیده است که از نظر زمانی مقارن ۱دی ماه است که کوتاهترین روز سال در نیمکره شمالی است و می گوییم انقلاب زمستانه (winter soslice)در نیمکره شمالی رخ داده است.

گاه صفحه تشریح شده بر صفحه مدار گردش زمین عمود نبوده و حداقل زاویه را با آن بسازد ، به عبارت گر، هرگاه خط واصل بین مراکز زمین و خورشید در صفحه استوایی کره زمین قرار بگیرد و آن را قطع ماید ، زمین در یکی از وضعیت های اعتدال قرار می گیرد. در نیمکره شمالی اعتدال بهاره (Vernal equinox در اول فروردین و اعتدال پاییزه (equinox Autumnal) در اول مهر رخ می دهد. در وضعیت اعتدال طول ب و روز با هم برابرند. تاریخ اعتدال بهاره و پاییزه و انقلاب زمستانه و تابستانه در نیمکره شمالی و جنوبی عکس است.



اعتدال بهاره



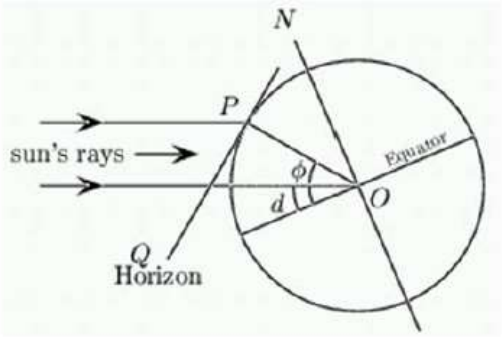
اعتدال پاییزه

سرعت گردش زمین به دور خود همواره ثابت است. اما سرعت گردش زمین به دور خورشید در مدار بیضی شکل تغییر می کند، این امر سبب می شود که ظهر شرعی (از زمانی که خورشید درست روی خط نصف النهار محل قرار گیرد) زودتر یا دیرتر از ظهر استاندارد(ظهر به وقت ساعت) رخ دهد.

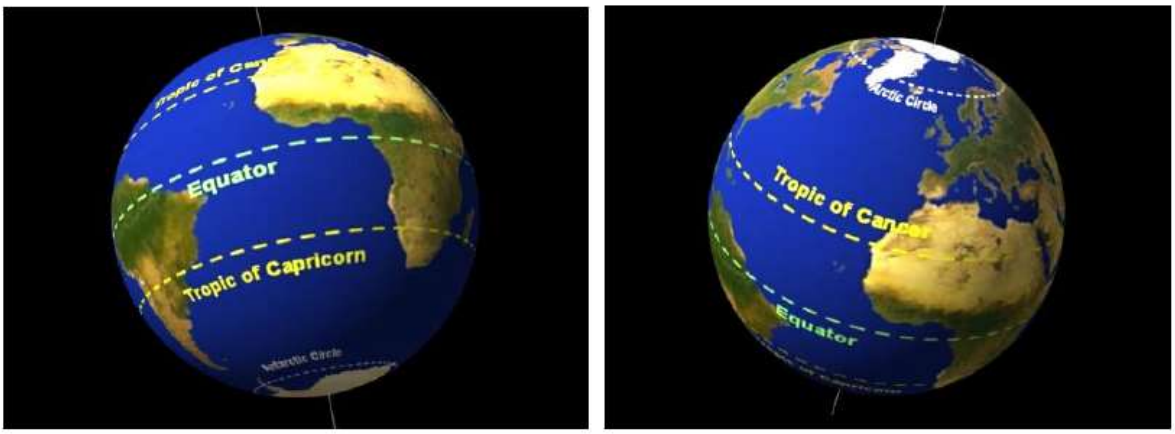
زمین در هر ساعت ۱۵درجه به دور خود می چرخد.(360/24=15)

ج- میل خورشیدی Declination of the sun :

با تشریح وضعیت زمین به دور خورشید ملاحظه می گردد که خورشید گاهی بالای امتداد صفحه استوایی زمین و گاهی پایین آن قرار می گیرد. فاصله زاویه خورشیدی تا این صفحه را میل خورشیدی می گویند.



هر گاه خورشـید در بالای این صـفحه باشـد، زاویه مثبت و در صـورتی که پایین این صـفحه باشد این زاویه منفی است. محدوده تغییرات این زاویه 23.5°C- تا 23.5°C می باشد. اثر این زاویه بر تشعشع خورشیدی رسـیده به سطح زمین مخصوصا" در نواحی با عرض جغرافیایی زیاد خیلی محسوس است. به مدار 23.5°C دور کره زمین مدار راس السرطان (Tropic of cancer) و به مدار23.5°C - مدار راس الجدی (Tropic of Capricorn) گویند.



مدار راس السرطان

در خارج از این محدوده ، اشعه خورشید هیچ گاه عمود بر سطح نمی تابد ولی در عرض جغرافیایی درون این محدوده خورشـید در طی سـال یک بار عمود می تابد و در اسـتوا ۲بار عمود می تابد. بنابراین میزان روزانه تشـعشع خورشیدی که به یک سطح افقی در خارج از یک اتمسفر می رسد ،گاهی تابعی ازموقع روز ، عرض جغرافیایی و موقع سـال می باشـد. از عرض جغرافیایی ۶۶/۵ شـمال به بالاو ۶۶/۵ جنوبی به بالا روز به ۲۴ ساعت می رسد.

طول روز بستگی به ماه از سال دارد. درماه های بهار و تابستان هرچه قدر از استوا به طرف قطب برویم طول روز بیشتر می شود ولی در پاییز و زمستان عکس این مطلب است.

$$a = 90 - \Phi + \alpha$$

a زاویه تابش در ظهر

Φ عرض جغرافیایی

و α خمیدگی خورشیدی

در استوا نور۲بار کاملا"عمود می تابد یکی در اول بهار و دیگری در اول پاییز.

عرض جغرافیایی آبادان ۲۶ درجه در ظهر می باشد زاویه تابش دراول تیر ماه(تابستان) چقدر است؟

a=90-26+23.5=87.5°

عرض جغرافیایی تبریز ۳۹ درجه در ظهر می باشد زاویه تابش دراول تیر ماه(تابستان) چقدر است؟

در تبریز a=90-39+23.5=74.5°

کمترین زاویه تابش در زمستان و بیشترین زاویه تابش در تابستان رخ می دهد.

در آبادان در اول زمستان(دی ماه):

a=90-26-23.5=40°

در ایران هرگزنور عمود نمی تابد چون عرض جغرافیایی ایران از ′۲۳,۲۷ بیشتر است. زاویه تابش از جنوب به شمال ایران کم می شود.

۲-۴-۳- اثر اجزای تشکیل دهنده جو بر تشعشع :

طیف خورشید را می توان به ۳ قسمت فرابنفش با طول موج کمتر از ۰/۴ میکرون، مرئی با طیف ۰/۴ تا ۰/۷ میکرون و مادون قرمز با طول موج بیشتر از ۰/۷ میکرون طبقه بندی می کنند.

در خارج از اتمسفر قسمت فرابنفش حدود ۷٪ انرژی طیف خورشیدی است. در صورتی که اشعه فرابنفش ۳٪ انرژی طیف خورشیدی در سطح دریا را تشکیل می دهد. یعنی با جذب اشعه فرابنفش توسط ازن از مقدار آن کاسته می شود. ازن تقریبا "تمامی تشعشع فرابنفش تا طول موج ۰/۳ میکرون را جذب می کند.

حدود نیمی از کل انرژی خورشیدی در قسمت قابل رویت خورشیدی قرار دارد که اغلب به این انرژی" نور" اطلاق می شود. اثر مهم اتمسفر در محدوده قابل رویت عبارتست از پخش تشعشع به وسیله ملکول های ازت ، اکسیژن و دیگر گازها. چون قطر این ملکول ها به مراتب کمتر از طول موج تشعشع در این محدوده می باشد، لذا عمل پخش از قانون ریلی پیروی می کند. طبق این قانون راندمان پخش با $1/\lambda^4$ متناسب است وλ طول موج تشعشع می باشد.

پخش (**Scatterine**) :

قطر ذرات ازت و اکسیژن (۰/۱ میکرون) از طول موج مرئی کمتر است.

اگر ذرات قطرشان از طول موجی که با آن ها برخورد می کند کمتر باشد می گویند خاصیت پخشی دارد.

راندمان پخش $=1/\lambda^4$

λقرمز$=0.65\mu$ ← راندمان پخش قرمز$=5.6$

λآبی$=0.425\mu$ ← راندمان پخش آبی$= 30.6$

نورخورشید وقتی در هوا حرکت می کند در اثر برخورد با ذرات پخش می شود و بر اساس قانون ریلی نور آبی بیشتر از سایر نور ها پخش می شود این قانون رنگ آبی آسمان را توجیه می کند.

زمانی که نور به جایی برخورد می کند و منعکس می شود خواصش تغییر نمی کند اما در پخش این خاصیت وجود ندارد.

در قسمت مادون قرمز حداکثر جذب تشعشع به وسیله گاز کربنیک در طول موج های۲و ۳و۴ و۱۵ میکرون صورت می گیرد.

بخار آب بر حسب شرایط جوی مقدارش از۰تا۴ درصد حجم هوا تغییر می کند و به مقدار زیاد تشعشع مادون قرمز را جذب می کند. بیشترین جذب بین ۵تا۸ میکرون صورت می گیرد و در ۸تا۱۲ میکرون هیچ گونه جذبی توسط بخارآب صورت نمی گیرد. به این محدوده دریچه جوی گویند که در تعادل انرژی در سطح کره زمین نقشی بسیار اساسی ایفا می کند.

به طور کلی می توان گفت قسمت زیادی از تشعشع فرابنفش در طیف خورشیدی توسط ازن و اکسیژن جذب می گردد. جذب اثر ناچیزی به قسمت قابل رویت طیف خورشیدی دارد، اما قسمت اعظم انرژی مادون قرمز طیف خورشیدی و زمین به وسیله بخار آب ، گاز کربنیک ، بی اکسید ازت و متان جذب می گردد.

درهوای بدون ابر، گرد و غبار، دانه های گرده ، گازهای حاصل از کارخانجات ، بخار آب و مواد آتشفشان وجود دارد که باعث تیرگی جو می شوند و با جذب و پخش تشعشع خورشیدی کاهش میزان تشعشع رسیده به زمین را باعث می شود. این کاهش و اثر مسیر جوی بر تشعشع از قانون بیر (Beer) پیروی می کند. طبق این قانون هرگاه یک پرتو نور به شدت جریان اولیه f_0 از محیطی به ضخامت x و با ضریب کاهندگی α عبور کند، شدت جریان نور پس از عبور از این محیط (f) از فرمول زیر به دست می آید:

$$f=f_0 e^{-\alpha x}$$

بیشترین رقم دریافت روزانه انرژی خورشید در تابستان به قطب شمال ۱۱۱۰ کالری و در زمستان به قطب جنوب تعلق دارد. دامنه اختلاف دریافت انرژی روزانه درطول سال در قطب های زمین از همه جا بیشتراست، در حالی که در مناطق استوایی به لحاظ دریافت انرژی شرایط یکنواختی دارد. مقدار انرژی دریافتی از خورشید به عرض جغرافیایی، طول روز و ساعت روز بستگی دارد.

میزان دریافت انرژی روزانه در واحد سطح (سانتی مترمربع) به طور متوسط در مرز جو۷۱۲ کالری می باشد.

تاثیر اتمسفر زمین در تابش خورشیدی :

۱- حداکثر تراکم انرژی در حول محدوده مرئی با طول موج تقریبی ۰/۵ میکرون (نورسبز) واقع است.
۲- انرژی تابش فرابنفش به سرعت و ناگهانی و انرژی تابش مادون قرمز به آرامی و به تدریج کاهش می یابد.
۳- در بخشی از محدوده طیف گسستگی هایی مشاهده می شود که آن ها را باند تاریک طیف گویند.
۴- باند های تاریک در قسمت مرئی طیف کمترند و درقسمت فروسرخ رو به افزایش می گذارند.
۵- با افزایش ارتفاع مقدار انرژی در تمام باندهای طیف بیشتر و گسست در باندهای مختلف طیف کمتر می شود.
۶- تابش خورشیدی ضمن عبور از اتمسفر مقدار چشمگیری انرژی از دست می دهد. (Extinction پدیده حذف)
۷- پدیده حذف در قسمت قرمز و مادون قرمز طیف شدید تر از قسمت های دیگر قلمرو طیف است.
علت حذف طول موج تابش ، اساسا" پخش و جذب انتخابی می باشد.

فرآیند پخش توسط ذرات جو :

۱- پخش ریلی Ray Leigh
۲- پخش مای Mie
۳- پخش غیر انتخابی Non-Selection

پخش ریلی: طول موج تابش خورشید خیلی بیشتر از اندازه ذرات است. میزان این پخش با توان چهارم طول موج رابطه عکس دارد.

راندمان پخش $=1/\lambda^4$

یعنی امواج با طول موج کوتاه تر بسیار بیشتر از امواج با طول موج بلندتر پخش می شود. (دلیل آبی رنگ بودن آسمان)

پخش مای: هنگامی که قطر ذرات مساوی طول موج تابش خورشید است پخش نور قرمز بیشتر صورت می گیرد که به پخش مای موسوم است. علت قرمزی آسمان در هنگام طلوع وغروب (زمان بین الطلوعین)، پخش بیشتر امواج در باند نور قرمز است. در این هنگام از روز امواج خورشید به صورت مایل از طبقات پایین جو عبور می کنند و چون ذرات درشت تر با طول موج مساوی نور قرمز در این طبقات بیشتر است، پخش مای سبب قرمز دیده شدن آسمان می شود.

پخش غیر انتخابی: ذرات درشت جو مانند قطرات آب تمام امواج را به طور یکسان باز می تابانند که به پخش غیر انتخابی موسوم است و زمانی صورت می گیرد که قطر ذره بیشتر از طول موج تابش خورشید باشد. علت سفید دیده شدن ابرها یا رنگ شیریِ آسمان گرد آلود به دلیل پخش غیر انتخابی در باند مرئی است.

ابرهای سیروس حدود ۱۸تا۲۵ درصد و ابرهای کومولونیمبوس حدود ۹۰ درصد امواج خورشید را منعکس می کند.

۲-۵- تشعشع مستقیم ، تشعشع غیر مستقیم(آسمانی) و تشعشع کل خورشیدی :

تشعشع پخش شده ای که در سطح زمین دریافت می شود را تشعشع آسمانی گویند. در عرض جغرافیایی بالاتر بیشتر است. میزان آن در زمستان بیشتر از تابستان است و در شرایطی که نور مایل می تابد بیشتر است.

تشعشع کل خورشیدی= تشعشع مستقیم + تشعشع آسمانی

۲-۵-۱- تشعشع مستقیم و غیر مستقیم :

- تشعشع مستقیم به تشعشعی گفته می شود که بدون مانع به زمین می رسد. این نور با گرفتن مانع در مقابلش ایجاد سایه می کند.
- تشعشع غیر مستقیم به نوری گفته می شود که به طور غیر مستقیم و پس از پخش شدن در هوا به سطح زمین می رسد.این نور با ایجاد مانع در مقابلش ایجاد سایه نمی کند.
- Pyrhellometer (پیر هلیومتر) تشعشع امواج خورشید با طول موج کوتاه را اندازه می گیرد.
- Pyronometer (پیرانومتر) این دستگاه امواج کوتاه و بلند را با هم اندازه می گیرد. در مسائل بیلان تشعشعی از این دستگاه استفاده می شود. این دستگاه از یک حباب نیمکره ای تشکیل شده است. در داخل حباب یک صفحه قرار دارد که قسمت هایی از آن سفید و قسمتهایی سیاه است. قسمت سیاه نور را جذب می کند(a=1,r=0) و قسمت های سفید نور را منعکس می کند. (r=1,a=0)

اختلاف درجه حرارت با یک سیستم ترموکوپلی اندازه گیری می شود و از طریق آن مقدار کل انرژی محاسبه می شود.

$T_{black} - T_{white}$ = انرژی کل (cal/cm^2min)

۲-۵-۲- انعکاس تشعشع خورشیدی(آلبیدو Albedo) :

به بخشی از کل تشعشع خورشیدی که به جو و کره زمین رسیده و به فضا بر می گردد، آلبیدو می گویند.

آلبیدو برخی اجسام:

	درصد آلبیدو
برف تازه	75-90

ابرها بازتابنده بسیار موثری هستند. به طور متوسط حدود ۵۴ درصد کره زمین در طی سال پوشیده از ابر می باشد، و سالیانه ۲۴ درصد از کل تشعشع خورشیدی رسیده به سیاره زمین را منعکس می کنند.

ابر بـا ضـــخامت زیاد	60-90
ابر بـا ضـــخامت کم	30-50
یخ	30-40
شن	15-45
زمین و اتمسفر	30
زمین خشـــــک شخم زده	5-30
آب	10
جنگل	3-10
ماه	7

- برف ها به خصوص وقتی تازه باشند بازتابنده های موثری هستند.
- یخ شفاف مقدار زیادی از نور خورشید را جذب می کند.
- سطح دریا بازتابنده های ضعیفی هستند و به عنوان منبع ذخیره انرژی خورشید محسوب می شوند.
- تخته سنگ ها ، شن ، خاک و گیاهان از۱۰تا ۳۰ درصد انرژی رسیده به خود را منعکس می کنند.

۲-۵-۳- تشعشع زمینی :

کره زمین به علت جذب تشعشع از خورشید و اتمسفر از خود انرژی ساطع می کند که به آن تشعشع زمینی می گویند. زمین در طول موج ۱۰ میکرون بیشترین گرما را از دست می دهد.

به جز طول موج های ۸ تا ۱۲ میکرون بقیه طول موج ها توسط H_2o و Co_2 جذب می شوند.

حدود ۹۰ درصـد انرژی تشـعشـع مادون قرمز پس داده شده توسط زمین به وسیله جو به خصوص بخارآب، ابرها و گازکربنیک موجود درآن جذب می شـود و قسـمت زیادی در اثر تشـعشع اتمسفر به زمین برگردانده می شود که به آن تشعشع برگشتی می گویند.

تشعشع زمینی موثر یا تشعشع موج بلند خارج شده خالص $R_L = R_{L\uparrow} - R_{L\downarrow}$

$$R_L = \left(\frac{a_1 R_s}{R_{s\,0} + b_1}\right) R_{L0}$$

$R_{s\,0}$: مقدار تشعشع خورشیدی که به طور معمول در یک روز صاف در سطح زمین دریافت می شود.

R_s : مقدار تشعشع خورشیدی دریافت شده در سطح زمین

R_{L0} : تشعشع امواج بلند خارج شده خالص در یک شبانه روز صاف

$\mathbf{a_1}$, $\mathbf{b_1}$: ضرایب ثابت محلی که a_1 همیشه مثبت و b_1 همیشه منفی یا صفر است.

$$R_{l0} = (a_2 + b_2\sqrt{e_a})\,\delta T^4$$

e_a : فشار واقعی بخار آب در هوا بر حسب میلی بار

T : دمای متوسط شبانه روزی هوا بر حسب کلوین

a_2 و b_2 : ضرایب ثابت محلی که بستگی به شرایط اقلیمی دارد.

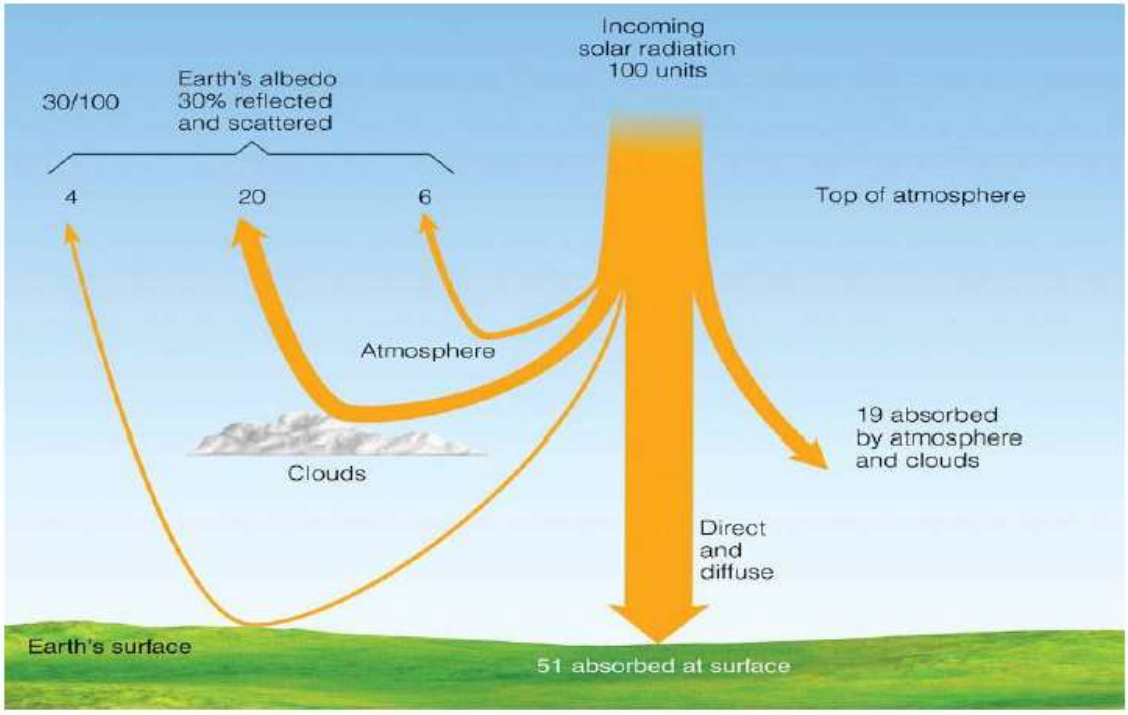
δ : ثابت استفان بولتزمن $4.903*10^{-9}$ $MJ/(K^4m^2day)$

اقلیم	a_1	b_1	a_2	b_2
خشک	1.2	-0.2	0.39	**-0.55**
نیمه مرطوب	1.1	-0.1	0.39	**-0.55**
مرطوب	**1.0**	**0.0**	**0.39**	**-0.55**

هرچه مقدار بخار آب و پوشش ابر بیشتر باشد تشعشع امواج بلند خالص کمتری به فضا می رسد. ابرها باعث بسته شدن دریچه جوی شده و از خروج تشعشع امواج بلند به فضا جلوگیری به عمل می آورد.

۲-۶- بیلان تشعشعی سیاره زمین :

سیاره زمین در طول سال همان مقدار انرژی که از خورشید می گیرد را از دست می دهد و این امر سبب می شود درجه حرارت سیاره زمین ثابت بماند.



درصد انرژی های جذب و ساطع شده از سطح زمین

۲۰ درصد از نور خورشید زمانی که به ابرها برخورد می کند منعکس می شود.

۶ درصد از نور خورشید زمانی که به ذرات هوا برخورد می کند پخش شده و منعکس می شوند.

۵۱ درصد از نور خورشید به سطح زمین می رسد که از آن مقدار ۴ درصد منعکس می شود. بنابراین ۴۷ درصد از نور خورشید به سطح زمین می رسد. آلبیدو سیاره زمین ۳۰ درصد می باشد (یعنی ۳۰ درصد از کل انرژی خورشیدی موقعی که وارد آن می شود از آن خارج می شود.) ۱/۵ درصد جذب به وسیله ابرها و ۱۶ درصد به وسیله ازن، گاز کربنیک و دیگر ذرات موجود در هوا است. ۱۷/۵ درصد از نور خورشید جذب ذرات و ملکول های هوا می شود.

اگر انرژی خورشید در بالای اتمسفر ۱۰۰واحد باشد، در طی عبور انرژی خورشیدی از جو ۳۰ واحد آن به خارج از اتمسفر بر می گردد. ۱۹ واحد توسط ابرها و اتمسفر جذب می شود و ۵۱ واحد به صورت تابش مستقیم و غیر مستقیم توسط زمین جذب می شود. ۳۰ واحدی که از اتمسفر منعکس می شود و هرگز جذب زمین نمی شود آلبیدو کره زمین می شود. اجزای ۳۰ واحد آلبیدو زمین به شرح زیر است:

۶ واحد توسط اتمسفر و ۲۰ واحد توسط ابرها منعکس می شود و به خارج از جو منتقل می شود و ۴ واحد پس از رسیدن به سطح زمین منعکس شده و از جو خارج می شود. از ۵۱ واحد انرژی جذب شده توسط زمین ۲۳ واحد در فرآیند تبخیر آب ۷واحد در فرآیند جابجایی و هدایت و ۲۱ واحد به صورت مادون قرمز infrared ساطع می شود.

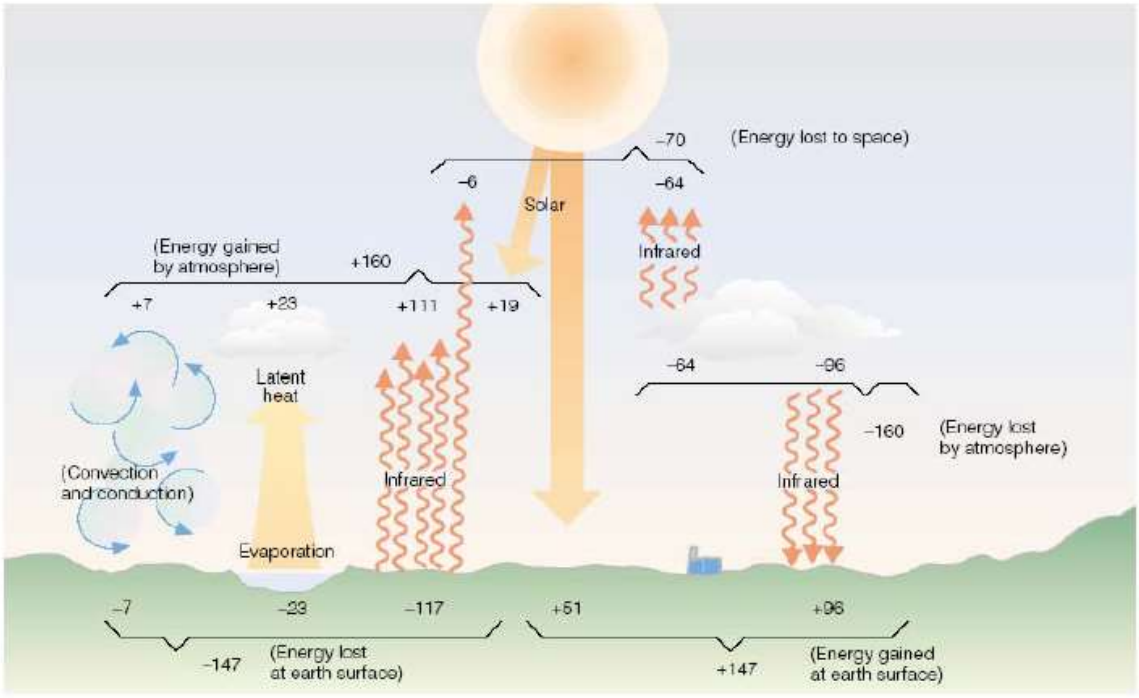
توجه کنید که سطح زمین معمولا" ۱۱۷ واحد انرژی را به بالا (فضا) ساطع می کند. زیرا زمین در طی روز انرژی دریافت می کند اما انرژی را به طور پیوسته در کل شبانه روز ساطع می کند. از ۱۱۷ واحد انرژی ساطع شده از سطح زمین (طول موج بلند و مادون قرمز) ۶ واحد از دریچه های جوی عبور کرده و از اتمسفر خارج می شوند.۱۱۱ واحد توسط گازهای گلخانه ای بخارآب ، گازکربنیک و ابرها جذب می شوند. ۹۶ واحد از انرژی جذب شده توسط گازهای گلخانه ای و ابرها به سمت زمین برگردانده می شود. یعنی زمین تقریبا" ۲ برابر طول موج کوتاه خورشید (۵۱ واحد) را که قبلا" دریافت کرده بود مجددا" از طرف ابرها و اتمسفر به صورت طول موج بلند دریافت می کند. بنابراین زمین ۱۴۷ واحد انرژی دریافت می کند.

انرژی دریافت شده توسط اتمسفر ۱۶۰ واحد می باشد. ۷ واحد جابجایی و هدایت، ۲۳ واحد گرمای نهان، ۱۱۱ واحد مادون قرمز و ۱۹ واحد طول موج کوتاه جذب شده توسط ابرها و اتمسفر از خورشید است.

همانطور که قبلا" ذکر شد، ۵۱ واحد انرژی توسط زمین جذب می شود. ۱۹ واحد توسط ابرها جذب می شود اما ۶ واحد از طرف زمین به صورت مادون قرمز از اتمسفر خارج می شود. بنابراین:

۶۴ = ۶ - ۱۹+۵۱ انرژی کماکان در اتمسفر باقی مانده است، که این مقدار انرژی توسط اتمسفر به خارج جو منتقل می شود.

سطح زمین ۱۴۷ واحد انرژی دریافت می کند در صورتی که ۱۱۷ واحد انرژی از دست می دهد. بنابراین ۳۰ واحد انرژی کمتر از دست داده است. همچنین اتمسفر زمین ۱۳۰ واحد (۱۹+۱۱۱) انرژی دریافت می کند در صورتی که ۱۶۰ واحد انرژی از دست می دهد یعنی ۳۰ واحد انرژی بیشتر از دست می دهد. دراین موازنه ۳۰ واحد به گرم شدن اتمسفر در اثر فرآیند انتقال گرما به وسیله پدیده های جابجایی و هدایت و گرمای نهان ارتباط دارد.



تشعشع خالص

۲-۶-۱- تشعشع خالص Net Radiation

$R_n = (R_s\downarrow - R_s\uparrow) + (R_l\downarrow - R_l\uparrow)$

$R_n = (R_s - \alpha R_s) + (-R_l)$

R_s تشعشع خورشید

α آلبیدو

R_l تشعشع زمینی موثر

$R_n = R_s (1 - \alpha) - R_l$

تشعشع خالص به نور خورشید و R_l بستگی دارد.

R_l تابعی از بخار آب و ابرها می باشد.

در هنگام شب R_n منفی است. در لحظه طلوع مقدار R_n صفر می شود و بعد از آن مقدار آن مثبت می شود.

$R_n = a + bR_s$

a و b ضرایب منطقه ای

R_S تشعشع خورشیدی

$$R_S = (a_s + \frac{b_s n}{N}) R_{S0}$$

$N = 24 W_S / \pi$

N حداکثر ساعات آفتابی ممکن در طول روز

n ساعات واقعی آفتابی در طول روز (آفتاب نگار)

a_s و b_s در مناطق مختلف و ماه های مختلف متفاوت است.

a_s بستگی به ضخامت هوا و آلودگی دارد.

b_s بستگی به ضخامت ابر و نوع ابر دارد.

R_{s0} از جداول هواشناسی قابل استخراج می باشد و تابعی از ماه از سال و عرض جغرافیایی می باشد.

۲-۷- اندازه گیری تشعشع خورشیدی :

۱- دستگاه پیرهلیومتر pyrhellometer

۲- دستگاه پیرانومتر pyronometer

۳- آفتاب نگار Sunshine Recorder

برای مشخص کردن وضعیت ابری بودن آسمان در شب از رادار استفاده می شود.

سوال: چگونه می توان پیرانومتر را برای اندازه گیری آلبیدو استفاده کرد؟

تشعشع خالص، در مزرعه صرف تبخیر و تعرق ، گرم شدن خاک و هوا می شود.

$$R_n = LE + S + H$$

LE : تبخیر و تعرق

S : گرم شدن خاک

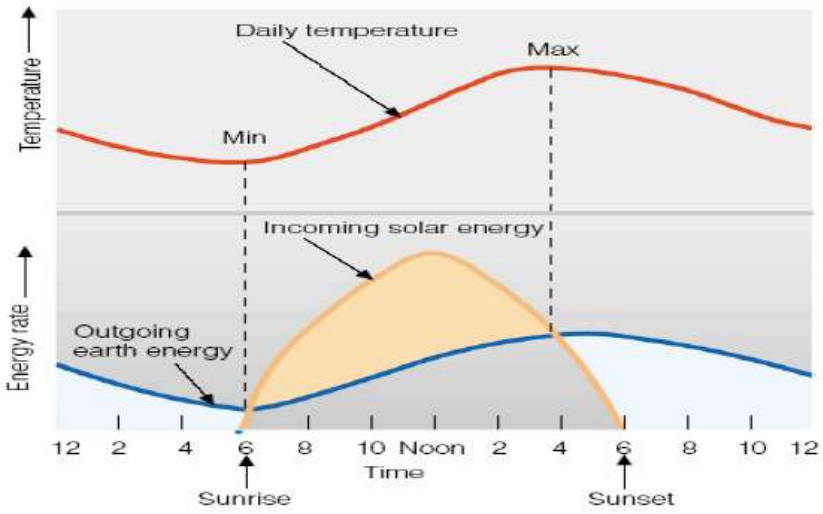
H : گرم شدن هوا

در یک مزرعه که آبیاری می شود R_n عمدتا" صرف تبخیر و تعرق می شود و درجه حرارت خاک و هوا پایین می باشد.

درمناطق سردسیر رشد و جوانه زنی گیاهان دیرتر شروع می شود.

در مناطقی که بارش کم است انرژی صرف گرم کردن خاک و هوا می شود.

دربهار خاک شنی گرم تر از خاک رسی است. چرا؟



درصورتی که $R_I > R_S$ کمبود انرژی پیش می آید.

$$T = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2}$$

R_S : تشعشع دریافتی زمین

T_{min} : لحظه ای بعد از طلوع اتفاق می افتد.

در سطح زمین درجه حرارت خاک در ظهر حداکثر است اما در ۱/۵تا ۲ متری بالای سطح زمین حداکثر درجه حرارت ساعت ۲/۵ تا۳ بعدازظهر اتفاق می افتد.