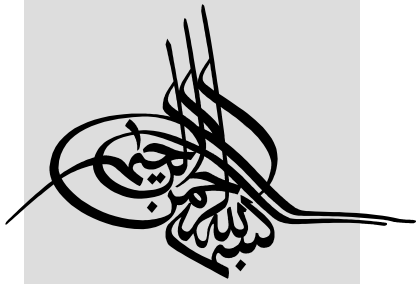

سری کتابهای کمک‌آموزشی کارشناسی ارشد

# آب و هواشناسی
# (مبانی و ایران)

## مجموعه جغرافیا

مؤلف: حسین عبادی

عبادی، حسین
آب و هواشناسی (مبانی و ایران) رشته جغرافیا / حسین عبادی
مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۲
۲۶۹ ص: جدول، نمودار (آمادگی آزمون کارشناسی ارشد جغرافیا)
ISBN: 978-600-458-745-7
فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
فارسی ـ چاپ اول
۱- آب و هواشناسی (مبانی و ایران) ۲- آزمونها و تمرینها (عالی)
۳- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی ۴- دانشگاهها و مدارس عالی ـ ایران ـ آزمونها
حسین عبادی
ج ـ عنوان
LB ۲۳۵۳ / ۲ آ ۳۷ ق
شماره کتابشناسی ملی: ۱۸۸۹۲۷۴
رده‌بندی دیویی: ۳۷۸/۱۶۶۴

☑ نام کتاب: آب و هواشناسی (مبانی و ایران)
☑ مولف: حسین عبادی
☑ ناشر: مشاوران صعود ماهان
☑ نوبت و تاریخ چاپ: اول/ ۱۴۰۲
☑ تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
☑ قیمت: ۳/۲۳۰/۰۰۰ ریال
☑ شابک: ISBN ۹۷۸-۶۰۰-۴۵۸-۷۴۵-۷

انتشارات مشاوران صعود ماهان: خیابان ولیعصر، بالاتر از تقاطع مطهری،
روبروی قنادی هتل بزرگ تهران، جنب بانک ملی، پلاک ۲۰۵۰
تلفن: ۴- ۸۸۱۰۰۱۱۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به موسسه آموزش عالی آزاد ماهان می‌باشد و هرگونه اقتباس و کپی‌برداری از این اثر بدون اخذ مجوز پیگرد قانونی دارد.

# مقدمه ناشر

**آیا آنانکه می‌دانند با آنانکه نمی‌دانند برابرند؟ (قرآن کریم)**

پس از حمد و سپاس و ستایش به درگاه بی همتای احدیت و درود بر محمد مصطفی، عالی نمونه بشریت که در تاریک دور تاریخ، بنا به فرمان نافذ صمدیت از میان مردمی برخاست که خود بودند در پست‌ترین حد توحش و ضلال و بربریت و آنگاه با قوانین شامل خویش هم ایشان را راهبری نمود و رهانید از بدویت و استعانت جوییم از قرآن کریم، کتابی که هست جاودانه و بی‌نقص تا ابدیت.

کتابی که در دست دارید آخرین ویرایش از مجموعه کتب خودآموز مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان است که برمبنای خلاصه درس و تأکید بر نکات مهم و کلیدی و تنوع پرسش‌های چهار گزینه‌ای جمع‌آوری شده است. در این ویرایش ضمن توجه کامل به آخرین تغییرات در سرفصل‌های تعیین شده جهت آزمون‌های ارشد تلاش گردیده است که مطالب از منابع مختلف معتبر و مورد تأکید طراحان ارشد با ذکر مثال‌های متعدد بصورت پرسش‌های چهار گزینه‌ای با کلید و در صورت لزوم تشریح کامل ارائه گردد تا دانشجویان گرامی را از مراجعه به سایر منابع مشابه بی نیاز نماید.

لازم به ذکر است شرکت در آزمون‌های آزمایشی ماهان که در جامعه آماری گسترده و در سطح کشور برگزار می‌گردد می‌تواند محک جدی برای عزیزان دانشجو باشد تا نقاط ضعف احتمالی خود را بیابند و با مرور مجدد مطالب این کتاب، آنها را برطرف سازند که تجربه سال‌های مختلف موکد این مسیر به عنوان مطمئن‌ترین راه برای موفقیت می‌باشد.

لازم به ذکر است از پورتال ماهان به آدرس www.mahanportal.ir می‌توانید خدمات پشتیبانی را دریافت دارید.

و نیز بر خود می‌بالیم که همه ساله میزان تطبیق مطالب این کتاب با سؤالات آزمون‌های ارشد- که از شاخصه‌های مهم ارزیابی کیفی این کتاب‌ها می‌باشد- ما را در محضر شما سربلند می‌نماید.

در خاتمه بر خود واجب می‌دانیم که از همه اساتید بزرگوار و دانشجویان ارجمند از سراسر کشور و حتی خارج از کشور و همه همکاران گرامی که با ارائه نقطه نظرات سازنده خود ما را در پربارتر کردن ویرایش جدید این کتاب یاری نمودند سپاسگزاری نموده و به پاس تلاش‌های بی چشمداشت، این کتاب را به محضرشان تقدیم نماییم.

**مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان**

**معاونت آموزش**

# مقدمه مولف

سپاس یزدان پاک را که مرا یاری نمود تا بتوانم خدمتی هر چند ناچیز در جهت ادای دین خود به علم جغرافیا، بـه دانـش پژوهـان این عرصه عرضه کنم.

مجموعه‌ی گردآوری شده، حاصل تلاش بی‌وقفه‌ی نگارنده به همراه راهنمایی‌های اساتید مجرب علم جغرافیا می‌باشد.این مجموعـه شامل مواد امتحانی زیر است:

- جغرافیای شهری(مبانی و ایران)
- برنامه‌ریزی شهری(مبانی و ایران)
- آب و هوا شناسی (مبانی و ایران)
- ژئومورفولوژی (مبانی و ایران)
- برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و روستایی(مبانی و ایران)
- فلسفه‌ی جغرافیا

از آنجایی که مجموعه‌ی علوم جغرافیا ( کد ۱۱۰۲ ) برخلاف دیگر گروه‌هـای آزمایشـی دارای منـابع امتحـانی مشـخص و معینـی نمی‌باشد، بنابراین سعی شده است تا حد امکان از تمامی کتب موجود در این رابطه که آورده شدن حتـی یـک سـوال از آنهـا نیـز احتمال داده می‌شود، مطالبی استخراج شود.

هدف اصلی در این کتاب فراهم آوردن زمینه‌های مطالعاتی برای دانشجویانـی اسـت کـه بـه اکثریـت منـابع و کتـاب‌هـای مرجـع دسترسی نداشته و یا اینکه وقت مطالعه‌ی آنها را ندارند.

لازم به ذکر است که اطلاعات این مجموعه طبق آخرین تغییرات در کتب و مواد امتحانی گردآوری و تلاش شده تـا بـا جدیـدترین منابع معرفی‌شده مطابقت و هم‌پوشی داشته باشد.با این تعابیر انتظار می‌رود که مجموعه‌ی حاضر بتواند تأثیری مفید بر روند قبولی داوطلبان رشته‌ی جغرافیا داشته باشد.

گفتنی است که محتوای این مجموعه کتاب به گونه‌ای تنظیم شده که تمام گرایشات‌جغرافیا به‌علاوه‌ی گـرایش‌هـای برنامـه‌ریـزی شهری و منطقه‌ای، و طراحی شهری بتوانند از این مباحث بهره ببرند.

یکی از دروس امتحانی جغرافیا، آب و هوا شناسی (مبانی و ایران) می‌باشد که در این کتاب در قالب دو بخش وسـیزده فصـل ارائـه شده است.

مؤلف قلباً اذعان دارد که آنچه پیش رو دارید مانند ثمره‌ی هرتلاش دیگری در زندگی نمـی‌توانـد محصـول فعـالیتی منفـرد باشـد. دست‌های بسیار و اذهان متعدد به لطف پروردگار یاری رسانده‌اند تا نگارنده بتواند این مجموعه را گردآوری کند.

اما از آنجایی که هیچ تلاشی عاری از کم و کاست نمی‌باشد، نگارنده نیز در این‌باره هیچ‌گونه ادعایی ندارد و لـیکن تردیـدی نیسـت که در این ارتباط هر گونه قصور و کوتاهی‌همواره متوجه مؤلف می‌باشد. لذا از شما عزیزان خواهشمند است با نظرات اصلاحی خود اینجانب را آگاه و خشنود سازید.

در پایان، تشکر خالصانه‌ی خویش را از راهنمایی‌های ارزشمند و به جای مهندس علی شـجاعیان، مهنـدس مینـا اسـماعیلی، ابـراز می‌دارد. اساتید محترمی که نگارنده با استفاده از راهنمایی‌های مستقیم یا مطالعه‌ی آثارشان بهره‌ی فراوان کسب کرده است : دکتر بهلول علیجانی، دکتر محمد رضا کاویانی، دکترمحمود صداقت،دکتر ابراهیم جعفر پور و همچنین تمامی اساتید گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز.

جدول ضرایب مواد امتحانی هر یک از گرایش‌های جغرافیا برای ورود به دوره‌ی کارشناسی ارشد

| ردیف | گرایش<br>نام دروس امتحانی | برنامه‌ریزی شهری | برنامه‌ریزی روستایی | جغرافیای سیاسی | جغرافیای طبیعی | جغرافیای نظامی | جغرافیا-برنامه‌ریزی توریسم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | زبان تخصصی | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۲ |
| ۲ | فلسفه‌ی جغرافیا | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ |
| ۳ | ژئومورفولوژی (مبانی و ایران) | - | - | ۱ | ۲ | - | - |
| ۴ | آب و هوا شناسی (مبانی و ایران) | - | - | - | ۲ | - | - |
| ۵ | منابع آب و خاک (مبانی و ایران) | - | - | - | ۲ | - | - |
| ۶ | مبانی جغرافیای انسانی | - | - | ۲ | ۱ | ۲ | - |
| ۷ | جغرافیای شهری (مبانی و ایران) | ۲ | ۲ | - | - | - | ۱ |
| ۸ | مبانی جغرافیای طبیعی | ۱ | ۱ | ۱ | - | ۲ | ۱ |
| ۹ | جغرافیای روستایی و کوچ‌نشینی (مبانی و ایران) | - | ۲ | - | - | - | - |
| ۱۰ | برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و روستایی (مبانی و ایران) | ۲ | ۲ | - | - | - | - |
| ۱۱ | برنامه‌ریزی شهری (مبانی و ایران) | ۲ | - | - | - | - | - |
| ۱۲ | جغرافیای سیاسی (مبانی و ایران) | - | - | ۳ | - | - | - |
| 13 | جغرافیای نظامی ایران و کشورهای همجوار | - | - | ۲ | - | ۳ | - |
| 14 | آمار و احتمال | - | - | ۱ | - | - | - |
| 15 | ریاضی و آمار | - | - | - | - | - | ۱ |
| 16 | جاذبه‌های توریستی ایران | - | - | - | - | - | ۲ |

حسین عبادی

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**بخش اول ــ مبانی آب و هواشناسی ..... ۹**

**فصل اول** – کلیات ..... ۱۱

**فصل دوم** – ترکیب و ساختار آتمسفر زمین (هواسپهر) ..... ۱۵

**فصل سوم** – تابش ..... ۱۹

**فصل چهارم** – دما ..... ۲۵

**فصل پنجم** – فشار ..... ۳۱

**فصل ششم** - رطوبت ..... ۳۷

**فصل هفتم** - بارش ..... ۴۱

**فصل هشتم** – سیستم‌های سینوپتیک جو ..... ۴۵

**فصل نهم** – طبقه‌بندی اقلیم‌های جهان ..... ۵۱

**فصل دهم** – تغییرات اقلیمی ..... ۵۵

**بخش دوم ــ آب و هوای ایران ..... ۵۹**

**فصل یازدهم** – عوامل کنترل کننده آب و هوای ایران ..... ۶۱

**فصل دوازدهم** – پراکندگی مکانی عناصر آب و هوای ایران ..... ۶۵

**فصل سیزدهم** – نواحی آب و هوایی ایران ..... ۷۱

مجموعه نکات ..... ۷۵

مجموعه سؤالات چهارگزینه‌ای ..... ۱۲۷

پاسخنامه مجموعه سؤالات چهارگزینه‌ای ..... ۱۷۲

**بخش سوم ــ مجموعه سؤالات کنکور از سال ۸۷ الی ۱۴۰۱ ..... ۱۷۷**

**منابع و مآخذ ..... ۲۶۹**

# بخش اول

# آب و هواشناسی (مبانی و ایران)

## عناوین اصلی

- فصل اول: کلیات
- فصل دوم: ترکیب و ساختار آتمسفر زمین (هوا سپهر)
- فصل سوم: تابش
- فصل چهارم: دما
- فصل پنجم: فشار
- فصل ششم: رطوبت
- فصل هفتم: بارش
- فصل هشتم: سیستم‌های سینوپتیک جو
- فصل نهم: طبقه‌بندی اقلیم‌های جهان
- فصل دهم: تغییرات اقلیمی

# فصل اول

# کلیات

## عناوین اصلی

- کلیات

# فصل اول

## کلیات

اصطلاح «هوا» عبارت است از شرایط لحظه‌ای جوّ یک منطقه، که تمام عناصر هوا را در بر می‌گیرد و یک تیپ هوایی ویژه را به وجود می‌آورد. هوایی که در منطقه‌ای در مدت طولانی بیشتر تکرار شود هوای غالب و یا آب و هوای آن منطقه را تشکیل می‌دهد.
علم مطالعه‌ی هوا را، هواشناسی و علم مطالعه‌ی آب و هوا را، آب و هواشناسی گویند. هدف اصلی آب و هواشناسی تبیین آب و هوای منطقه‌ای معین بر اساس عوامل کنترل‌کننده‌ی آن و بررسی اثرات آن بر زندگی انسان‌های آن منطقه است.
با اکتشاف بعضی از اصول هواشناسی در قرن نوزدهم، پایه‌های علم آب و هواشناسی، به صورت توصیفی، در اروپا گذاشته شد.
با بکار بردن «نقشه‌های هوا»، آب و هواشناسی همدیده‌بانی یا سینوپتیک ابداع شد.
علم آب و هواشناسی در قرن بیستم و در مراکز علمی عمده‌ای چون برگن، برلین و شیکاگو شکوفا شد. در روند این شکوفایی، دانشمندان مکتب برگن «جبههٔ قطبی» را کشف کردند و در مکتب شیکاگو هم، «اصل چرخندگی» کشف و حرکت موجی بادها ثابت شد. نتیجهٔ این اکتشافات منجر به پیدایش شاخه‌های عمده‌ی آب و هواشناسی به شرح زیر گردید:

۱) آب و هواشناسی فیزیکی که در آن تغییرات اقلیمی در منطقه‌ای خاص بر اساس بیلان انرژی آن منطقه بررسی می‌شود و مباحث عمده‌ی آن تابش خورشید، انعکاس و تابش زمین، مناطق مازاد و کمبود انرژی و چگونگی انتقال انرژی است.

۲) در آب و هواشناسی دینامیک، حرکت‌های جو در جهات افقی و عمودی، و عوامل به وجود آورنده‌ی آنها بررسی و تغییرات آب و هوایی بر اساس حرکت‌های جوی تبیین می‌شود.

۳) در آب و هواشناسی سینوپتیک، تمامی اوضاع جوی یک منطقه یکجا بررسی می‌گردد و به مطالعه‌ی چگونگی ایجاد و نوسان آن بر حسب تغییرات فشار در سطوح بالای جوّ به عنوان عامل اصلی پرداخته می‌شود. نگرش امروزی جغرافیا به آب و هواشناسی، آب و هواشناسی سینوپتیک است چون به کمک این بینش جدید می‌توان با مطالعه‌ی همه‌ی عناصر هوا در یک نقشه، به بررسی علل به وجود آورنده‌ی آب و هوا پرداخت.

۴) در آب و هواشناسی کاربردی، به بررسی نقش پدیده‌ها و عناصر آب و هوایی در رابطه با مسائل انسانی پرداخته می‌شود.

از نظر مقیاس منطقه‌ی مطالعه آب و هواشناسی به شاخه‌های زیر تقسیم می‌شود:

۱) بزرگ اقلیم، اقلیمی است که از سیستم‌های بزرگ جوی و گردش سیاره‌ای پدید می‌آید و قالب اصلی آن را اغتشاش‌های بزرگ مقیاس جوی از جمله سیکلون‌ها و آنتی‌سیکلون‌ها، موج‌های بلند، رود بادها، تشکیل می‌دهند. سیستم‌های مزبور، در ابعاد زمانی روز، هفته و ماه‌ها عمل نموده، مناطق وسیعی از سطح کره‌ی زمین را زیر نفوذ خود قرار می‌دهند.

۲) متوسط اقلیم، اقلیمی است که تحت تأثیر عوارض سطح زمین شکل می‌گیرد و بر حسب مورد، اقلیم دامنه، دره، ساحل، مرداب و غیره نامیده می‌شود. مکانیسم‌های مربوط به این اقلیم محدودند (همچون نسیم دریا و خشکی) و اصولاً در ابعاد زمانی ساعت می‌تواند عمل کند.

۳) اقلیم محلی، جزئی است از اقلیم متوسط که اصولاً نتیجه‌ی ناهمگنی پوششی عوارض سطح زمین است و با توجه به آن می‌توان از اقلیم مزرعه، جنگل، شهر و غیره نام برد.

۴) ریز اقلیم، این اقلیم که کوچکترین واحد اقلیمی به شمار می‌آید، به خصوص تحت شرایط فیزیکی دقیق و ظریف سطح زمین (بافت، جنس، رنگ، شیب) شکل می‌گیرد. مکانیسم‌های ریزاقلیمی زیر نفوذ اصطکاک باد در سطح زمین‌اند و اختلاف بین عناصر جوی را در فواصل کوچک تشدید می‌کنند. شبکه‌ی ایستگاه‌های اقلیمی و سینوپتیک، مهمترین منبع کسب اطلاعات و دانسته‌های اقلیمی به شمار می‌آیند که از دیده‌بانی‌های مستمر در چند نوبت روزانه در ایستگاه‌های کشور به دست می‌آیند و مجموعه‌ی آنها به صورت سالنامه‌های هواشناسی در اختیار علاقمندان و محققین قرار می‌گیرد.

در سال‌های اخیر از نقشه‌های هوا که در مراکز هواشناسی تهیه می‌شود و همچنین از تصاویر ماهواره‌ای هواشناسی برای تشخیص و شناخت تیپ‌های مختلف هوا و ارزیابی دقیق‌تر ویژگی‌های اقلیمی استفاده می‌شود.

در بررسی دانسته‌های اقلیمی باید بین عناصر و عوامل اقلیمی تفاوت قائل شد. دما، رطوبت، فشار و تابش خورشید و همچنین تلفیق عناصر مزبور که معرف یک خاصیت فیزیکی معین جوی است، مانند گرما، بارش یا ابرناکی، به عنوان عنصر اقلیمی تلقی می‌شود. اما تمام عواملی را که به نحوی در فضای مورد مطالعه‌ی ما تأثیر دارند، (از قبیل ارتفاع، جهت، پوشش سطح زمین) عامل اقلیمی می‌نامند.

توجه به سالهای اندازه در تحلیل دانسته‌های اقلیمی، مهم است؛ به طوری که حداقل تعداد سال‌های لازم بر حسب تغییرپذیری عنصر و محل مورد بررسی متفاوت است. مثلاً بارش‌های جوی، تغییرات زمانی و مکانی شدیدی دارند. از این‌رو، تعداد سال لازم برای بررسی عنصر رطوبت بیشتر است.

# فصل دوم

# ترکیب و ساختار آتمسفر زمین (هوا سپهر)

## عناوین اصلی

- ترکیب آتمسفر زمین
- ساختار آتمسفر

# فصل دوم

## ترکیب و ساختار آتمسفر زمین (هوا سپهر)

### ۲-۱- ترکیب آتمسفر زمین

۹۹/۹۹ درصد از حجم آتمسفر زمین که جرمی معادل یک میلیونیم کرهٔ زمین دارد، از ازت، اکسیژن، آرگون، دی‌اکسیدکربن، به ترتیب کاهش کمیت تشکیل شده است و تنها ۰/۰۱ درصد از حجم آتمسفر را در طبقات پایین اجزایی دیگر از قبیل گازهای نادر، آمونیاک، ازن، ید و حتی ذرات جامد از قبیل گرد و غبار، دوده، انواع نمک‌ها و سپس گازهای صنعتی و میکروارگانیسم‌ها، تشکیل می‌دهد.

نسبت ترکیبات آتمسفر در لایه‌های زیرین آن، به دلیل اختلاط شدید ثابت است؛ در حالی که از ارتفاع حدود ۹۰ کیلومتری به بالا توزیع عناصر و گازها در آن بر اساس وزن مولکولی یا اتمی انجام می‌گیرد. بنابراین، گازهای سبک مانند هیدروژن در ارتفاعات و گازهای سنگین‌تر مانند هلیم در لایه‌های پایین‌تر آتمسفر توزیع شده‌اند.

بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی جو، اکسیژن ثبات بیشتری دارد، در حالی که گازکربنیک (دی‌اکسیدکربن) تغییرات زمانی و مکانی شدیدی را نشان می‌دهد که به طور کلی گیاهان، از طریق فتوسنتز و کربن‌گیری، نقش عمده‌ای در جذب و انتشار آن ایفا می‌کنند. اهمیت دی‌اکسیدکربن علاوه بر سمی‌بودن و تأثیر زیست‌محیطی آن، داشتن باند جذبی برای تابش مادون‌قرمز خورشید است و از این طریق می‌تواند در بیلان گرمایی آتمسفر و در نتیجه تغییرات اقلیمی، تأثیر عمده داشته باشد.

نگرانی‌های زیست محیطی مشابه در مورد کاهش غلظت ازن آتمسفر نیز وجود دارد، از جمله دیگر آلوده‌کننده‌های مهم آتمسفر می‌توان منواکسیدکربن، ترکیبات گوگردی نیتروژن، هیدروکربورها، آئروسل‌ها (هواویزها)، گازها و رادیواکتیوها را نام برد که کانون عمده‌ی ایجاد آن‌ها صنایع، ترافیک و سوخت خانگی هستند.

### ۲-۲- ساختار آتمسفر

گذر از جو به فضای خارج بسیار تدریجی است؛ به طوری که نمی‌توان مرز کاملاً مشخصی برای آن قائل شد. با این حال برای انجام پاره‌ای محاسبات مرز قراردادی آن را در ارتفاع ۳۰۰۰ کیلومتر از سطح زمین فرض کرده‌اند.

بر اساس چگونگی روند تغییرات دما، فشار، اختلاف چگالی و همچنین ویژگی‌های الکتریکی جو، آن را به لایه‌هایی تقسیم کرده‌اند که مهم‌ترین این تقسیمات عبارتند از تروپسفر، استراتوسفر، مزوسفر، یونوسفر و اگزوسفر. در اولین لایه‌ی بزرگ جو یعنی تروپوسفر فرایندهای عمده‌ای که در ارتباط با بخار آب قرار دارد، یعنی تشکیل انواع ریزش‌های جوی، رعدوبرق، کولاک، سیل و طوفان، هاله، رنگین‌کمان و بسیاری از تظاهرات دیگر جوی که معرف چگونگی وضع هوا است رخ می‌دهند؛ زیرا، تمام بخار آب جو تنها در این لایه متمرکز شده است.

تروپوسفر، تا ارتفاع تقریباً دو کیلومتر از سطح زمین، با توجه به نحوه‌ی توزیع دما و رطوبت به لایه‌های دیگری تقسیم می‌شود که از دیدگاه جغرافیایی ـ اقلیمی اهمیت فراوان دارد. نمونه‌هایی از این لایه که به طور کلی لایهٔ اصطکاک یا پپلوسفر نامیده می‌شود، عبارتند از لایهٔ واژگونی، مه مرتفع، معمولی، همرفتی و متلاطم.

با افزایش ارتفاع در تروپوسفر سرعت باد افزایش می‌یابد، به طوری که در زیر تروپوپاوز زمینه‌ی تشکیل نوعی باد شدید به نام رودباد به وجود می‌آید که در تشکیل و هدایت سیستم‌های فشار در حوالی سطح زمین بسیار اهمیت دارد.

لایه‌ی بعدی آتمسفر یعنی استراتوسفر در عرض‌های میانه، به طور متوسط از ارتفاع ۱۱ کیلومتر شروع می‌شود و تا حدود ۸۰ کیلومتری سطح زمین ادامه دارد. ویژگی عمده‌ی استراتوسفر وقوع فرآیندهای فتوشیمیایی است، بدین معنی که تابش موج کوتاه خورشید در اینجا، مولکول‌های اکسیژن را به اتم تجزیه می‌کند و با ترکیب مجدد این اتم‌ها با سایر مولکول‌های اکسیژن ازن را تشکیل می‌دهد. ازن حاصل بخشی از تابش ماورای بنفش خورشید را جذب می‌کند و در نتیجه قسمتی از لایه‌ی استراتوسفر که در این فرآیند شرکت دارد، پیوسته از ازن انباشته‌تر و گرم‌تر می‌شود که به نام لایه‌ی ازن نیز مشهور است.

قسمت‌های فوقانی استراتوسفر را گاه لایه‌ای مستقل به نام مزوسفر می‌شناسند. در این لایه با افزایش ارتفاع، مجدداً کاهش دما آغاز می‌شود، به طوری که در قسمت‌های فوقانی آن دما به ۸۰- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. این دمای پایین در ایجاد نوعی ابر (ابر شب تاب) که گه‌گاه در این لایه تشکیل می‌شود نقش دارد.

در لایه‌های بالاتر جو که در معرض تابش خورشید پر انرژی‌تری قرار دارند، اتم‌ها و مولکول‌های موجود در جو متلاشی و به ذرات باردار (یون) تجزیه می‌شوند. غلظت یون‌ها در بعضی از ارتفاعات بیشتر است، چندان که لایه‌های مستقلی تشکیل می‌دهند که از جمله آنها لایهٔ D و لایهٔ E و لایهٔ F را می‌توان نام برد. لایه‌های E,D به ترتیب حاصل یونیزاسیون گاز منواکسید ازت و مولکول‌های اکسیژن‌اند و در نتیجه‌ی گسیل پرتوهای ایکس در طول روز تشکیل می‌شوند، اما لایه‌ی F نتیجه‌ی یونیزاسیون اتم‌های اکسیژن در اثر تابش پرتوهای ماورای بنفش است.

وجود الکترون‌ها در یونسفر، در انعکاس امواج رادیویی، نقش عمده‌ای دارد و با افزایش تراکم آن‌ها قدرت انعکاس امواج رادیویی کوتاه‌تر، بیشتر می‌شود. از این رو لایه‌ی F که از تراکم الکترونی بیشتری برخوردار است، در انعکاس امواج مزبور نقش مهم‌تری دارد.

در لایه‌های بالاتر، یعنی اگزوسفر، گازها قابلیت هدایت الکتریکی خود را همچنان حفظ می‌کنند؛ اما چگالی آنها چنان کم می‌شود که غلظتشان در ارتفاع تقریبی ۳۰۰۰ کیلومتر از سطح زمین، به تدریج، به حد تراکم فضایی بین سیاره‌ای می‌رسد.

ذرات پروتون و الکترون‌های ساطع شده از سطح خورشید (بادهای خورشیدی)، در حوزه‌ی مغناطیس زمین کمربندی به وجود می‌آورند که به کمربند وان آلن یا ماگنتوسفر مشهور است. این کمربند که مانع نفوذ ذرات زیان بار تابش خورشیدی به سطح زمین می‌باشد، در حفاظت حیات جانداران نقش حیاتی ایفا می‌نماید.

# فصل سوم

# تابش

## عناوین اصلی

- تابش

# فصل سوم

## تابش

خورشید مهمترین منبع انرژی برای زمین و عامل اصلی توزیع زمانی و مکانی عناصر دما، فشار و رطوبت، و در نتیجه عامل ایجاد ویژگی‌های اقلیمی در مناطق مختلف سطح کره‌ی زمین است. انرژی خورشید از طرفی، از قانون گسیل انرژی (قانون استفن ـ بولترمان) تبعیت می‌کند که بر اساس آن انتشار انرژی به صورت امواج الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد و از طرف دیگر می‌توان گسیل انرژی را به صورت انتشار ذره‌ای (کوانتمی) فرض کرد. نقش امواج ذره‌ای بیشتر از طریق یونیزاسیون و در تظاهرات نورانی لایه‌های فوقانی جو جلوه می‌کند، امواج الکترومغناطیسی در کنش‌های فتوشیمیایی و گرمایی آتمسفر و سطح زمین نقش عمده‌ای دارند.

مقدار انرژی امواج الکترومغناطیسی با طول موج، سرعت و فرکانس رابطه‌ای مشخص دارد (فرمول پلانک) و با توجه به رابطه‌ی معکوس بین طول موج حداکثر طیف انرژی اشیاء مختلف با دما (قانون وین)، ملاحظه می‌کنیم که خورشید حداکثر انرژی طیف خود را در ۰/۵ و زمین در ۹/۷ میکرن گسیل می‌دارد. به عبارت دیگر، خورشید بیشترین امواج خود را در طول موج کوتاه (۴-۰/۲۹ میکرن)، و زمین در طول موج بلند (۱۰۰-۴ میکرن) گسیل می‌کند و از این رو به اولی تابش موج کوتاه خورشید و به دومی تابش موج بلند زمین اطلاق می‌شود.

شدت انرژی دریافتی واحد سطح از خورشید را در مرز جو، به طور متوسط معادل با ۱/۹۵ کالری در دقیقه محاسبه کرده‌اند، که به ثبات خورشیدی مرسوم است. اعتبار کمیت ثابت خورشیدی در صورتی است که فرض کنیم سطح مزبور عمود بر پرتو خورشید باشد. با این حال رقم مزبور، به دلیل تغییر فاصله‌ی زمین از خورشید، در طی حرکت دورانی به دور خورشید، دستخوش تغییر واقع گردیده، مقدار آن در طول زمستان بیشتر و در تابستان کمتر می‌شود.

به طور کلی شدت انرژی تابشی خورشید، در یک سطح معین به چهار عامل فاصله زمین از خورشید، زاویه‌ی تابش، مدت زمان تابش و بالاخره مقدار انرژی گسیل شده از خورشید بستگی دارد. به طور کلی، روند تغییرات متفاوت روزانه و سالانه، باعث می‌شود که میزان دریافت انرژی خورشید در مناطق مختلف سطح کره‌ی زمین، متفاوت باشد و در نتیجه بیلان انرژی در نواحی مختلف زمین متفاوت می‌شود.

اجزای تشکیل‌دهنده‌ی جو زمین نیز، بخشی از انرژی خورشید را جذب و مقداری از آن را منعکس و پراکنده می‌کنند. مولکول‌های هوا، قطرات ریز آب و به طور کلی هواویزهای مختلف موجود در جو، باعث انعکاس و پخش امواج تابش خورشید می‌شوند، در حالی که گاز کربنیک و بخار آب عامل جذب انرژی خورشید در محدوده‌ی بلند طیف‌اند و باعث گرمای آتمسفر می‌شوند. با توجه به نقش جو در پخش، و انعکاس، و جذب انرژی خورشیدی نتیجه می‌شود که حدود $\frac{۱}{۳}$ از این انرژی، حین عبور از آتمسفر زمین حذف می‌شود. با این حساب، کل انرژی که از تابش مستقیم و پراکنده‌ی خورشید به سطح زمین می‌رسد؛ یعنی تابش کلی مهمترین منبع انرژی برای سطح زمین محسوب می‌شود.

توجه به توزیع انرژی تابشی کلی در سطح زمین نشان می‌دهد که حداکثر میزان انرژی تابش کلی بر روی خشکی‌ها و در امتداد مدارین رجعت وجود دارد؛ اما در عرض‌های بالا، با افزایش درجه‌ی پوشش ابر از مقدار آن کاسته می‌شود و رقم سالانه‌ی آن کاهش می‌یابد. تأثیر ابر بر روی جزایر نسبت به خشکی‌ها نیز قابل توجه است.

تفاوت طبیعت و تنوع پوشش سطح زمین نیز در مقادیر تابش کلی تأثیر به سزایی دارد. معمولاً بخشی از تابش کلی که به واسطه‌ی ضریب انعکاس (آلبدو) اجسام برگشت داده می‌شود نقشی در تبادلات گرمایی ندارد؛ بدیهی است که سطحی با آلبدوی کم (نظیر سطح آسفالت با آلبدوی ۵ تا ۱۰ درصد) مقادیر زیادی از انرژی تابش را جذب و گرمای زیادی کسب می‌کند.

البته، نه تنها آلبدو، بلکه هدایت انرژی گرمایی و گرمای ویژه در میزان و نحوه‌ی سرعت گرم‌شدن قسمت‌های مختلف سطح زمین، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. این امر، در مقایسه‌ی زمین عاری از پوشش گیاهی با سطوح پوشیده از آب، یا برف و یا رستنی‌ها، نقش سطوح مختلف را در میزان کسب انرژی خورشید و تبادلات گرمایی به روشنی نشان می‌دهد.

انرژی حاصل از تابش کلی در زمین باقی نمی‌ماند و ذخیره نمی‌شود؛ بلکه به واسطه‌ی مکانیسم‌های مختلف از قبیل تبخیر، گرمای محسوس و تابش، به خارج از سطح زمین منتقل می‌شود. گسیل انرژی از زمین (زمینتاب) متناسب با دمای آن (طبق قانون بولتزمان) به صورت امواج بلند صورت می‌گیرد که حداکثر شدت آن در محدوده‌ی ۱۰ میکرن متمرکز است.

نقش بخار آب و گاز کربنیک جو که در طول موج‌های بلند باند جذبی دارند، در جذب بخش قابل ملاحظه‌ای از زمینتاب بسیار اهمیت دارد. این نکته به ویژه با توجه به مسأله افزایش احتمالی دمای جو در سال‌های آینده با افزایش مصنوعی گاز کربنیک قابل تأمل است.

عبور بدون مانع بخشی از زمینتاب (طول موج‌های ۴/۵ تا ۵/۵ و ۸ تا ۱۳ میکرن) از آتمسفر پنجره‌ی مادون‌قرمز جو را به وجود می‌آورد که در عکس‌برداری از سطح زمین از بالای جو بسیار کاربرد دارد.

زمین تاب پس از جذب تابش خورشید توسط جو و ابرها و همچنین حمل انرژی از طریق تبخیر و هدایت مولکولی یا گرمای محسوس، مهمترین عامل تأمین انرژی جو به حساب می‌آید. اما، انرژی در آتمسفر هم به طور دائم ذخیره نمی‌شود، بلکه گرمای آتمسفر با پس‌داد انرژی توسط تابش آتمسفری، به صورت امواج بلند مادون‌قرمز از میان می‌رود. بخشی از آن تابش آتمسفری که تابش برگشتی نامیده می‌شود، به قسمت سطح زمین می‌آید و بخش دیگر آن متوجه فضای خارج از جو می‌شود، که با آن بخش از انرژی زمینتاب که بدون مانع از پنجره‌ی مادون‌قرمز جو عبور می‌کند، تابش بلند سیاره‌ی زمین را تشکیل می‌دهد. تفاضل بین انرژی زمینتاب و تابش برگشتی جو را که معرف دفع انرژی در واحد سطح و زمان برای هر نقطه از سطح کره‌ی زمین است، تابش مؤثر می‌نامند.

تأثیر گلخانه‌ای آتمسفر را که یکی از ویژگی‌های مهم آن است، می‌توان با توجه به نقش آتمسفر زمین نسبت به امواج کوتاه و بلند، که مانند شیشه‌ی یک گلخانه، امواج کوتاه را به سهولت از خود عبور می‌دهد، اما مانع خروج امواج بلند می‌گردد، درک کرد.

حاصل فرآیندهای مربوط به تشعشع خورشید، در سیستم زمین ـ جو، تعادلی است که به طور متوسط در دراز مدت به دست می‌آید. در حقیقت سطح زمین و جو آن در دراز مدت، همان مقدار انرژی دریافت می‌کنند که توسط امواج بلند به فضای بین سیاره‌ای و کیهانی گسیل می‌دارند.

با توجه به عوامل مؤثر و متغیر در مکانیسم تبادلات انرژی (وجود بخار آب، تفاوت در آلبدو سطح زمین، تغییرات زاویه‌ی تابش، میل خورشید و ...)، در زمان و مکان‌های مختلف، در سطح کره زمین مناطق پر انرژی و کم انرژی به وجود می‌آید. از دیدگاه اقلیمی موارد زیر در تراز انرژی اهمیت بسیار دارند:

۱) سطح اقیانوس‌های جنب حاره، مناطق پر انرژی را تشکیل می‌دهند. مقادیر سالانه‌ی بیلان انرژی در این‌گونه مناطق با ۱۲۰ کیلو کالری به ازای هر سانتیمتر مربع، مناطق حداکثر انرژی را در سطح کره‌ی زمین ایجاد می‌کند.

۲) مناطق جنب قطبی و بالاتر از آن با ۲۰ تا ۳۰ کیلو کالری حدوداً ۴ تا ۶ بار کمتر انرژی دریافت می‌دارند.

۳) به طور کلی در تمام نواحی سطح کره‌ی زمین، سطح اقیانوس‌ها نسبت به خشکی‌های مجاور خود از بیلان بیشتری برخوردارند، و از این لحاظ درست برعکس وضعیت تابش کلی را دارند که در سطح خشکی‌ها مقدار بیشتری دارد. این نکته نقش آب‌ها را در جذب بیشتر انرژی خورشید به خوبی نشان می‌دهد.

۴) حواشی خشکی‌های مناطق حاره، با وجود داشتن بیلان انرژی کمتر نسبت به آب‌های مجاور خود، سطح گرم کره‌ی زمین محسوب می‌شود، زیرا در این مناطق، به خاطر عدم تبخیر ـ انرژی به طور کامل به گرمای محسوس تبدیل و صرف گرم کردن هوا می‌شود. حاصل تفاوت در بیلان انرژی، تبادل‌های وسیع انرژی است که جریان‌های اقیانوسی و دینامیک توده‌های هوا، به صورت گردش عمومی هوا (طی گردش سیاره‌ای)، بین عرض‌های پایین و بالای جغرافیایی صورت می‌دهد و با تشکیل شکل‌ها مختلف سیستم‌های سینوپتیک در ابعاد متفاوت و با تظاهرات متنوع جوی می‌انجامد.

# فصل چهارم

# دما

عناوین اصلی

- دما

# فصل چهارم

## دما

دما از جمله عناصر مهم اقلیمی است که در ایجاد آن، علاوه بر انرژی تابشی خورشید، عوامل متعددی از قبیل ماهیت فیزیکی، هدایت گرمایی و ناهمواری و ارتفاع سطح زمین، و همچنین وزش باد و شرایط ابرناکی دخالت دارند.

به طور کلی، مناطق حاره که در طول سال در معرض تابش سرشار و یکدست خورشید قرار دارند با دمایی بالا، همراه با نوسان‌های ضعیف حرارتی مشخص می‌شوند، در حالی که در عرض‌های میانه و بالا به دلیل تغییرهایی در روند سالانه‌ی تابش، دما کمتر اما نوسان‌های فصلی شدیدتر است. بدیهی است که نه تنها زاویه‌ی تابش، بلکه میزان جذب، آلبدو و عمق نفوذ تابش در سطح زمین، در چگونگی دمای آن تعیین‌کننده است.

از طیف دیگر خود دمای متفاوت، در شرایط یکسان تابش خورشید، نشانه‌ی گرمای ویژه و هدایت گرمایی متفاوت در سطوح مختلف سطح زمین است. به همین دلیل سطح شنزار به دلیل ظرفیت جذب ضعیف گرما در طول روز به شدت گرم و در طی شب بسیار سرد می‌شود؛ در حالی که آب‌ها با ظرفیت جذب گرمایی زیاد خود، از تعادل گرمایی بیشتری برخوردارند و به آهستگی گرم و سرد می‌شوند. این نکته در آب‌ها، به دلیل عمق نفوذ بیشتر تابش خورشید و وجود تلاطم، همراه با هدایت گرمایی بالا، کاملاً چشمگیر است.

انتقال گرما از سطوح بالا به لایه‌های عمقی در اجسام جامد، بر خلاف آب‌ها به کندی انجام می‌گیرد و زمانی طول می‌کشد، تا یک موج گرما به لایه‌های عمیق‌تر نفوذ کند. این امر باعث می‌شود که نوسان دما در لایه‌های سطحی شدید باشد، اما با افزایش عمق کاهش پیدا کند. از این رو، روند روزانه‌ی دما در عمق نیم‌متر و نوسان سالانه، در عمق ۱۰ متر از سطح زمین ناپدید می‌گردد. معمولاً، دما در عمق ۱۰ متری از سطح زمین ثابت بوده و رقم آن به میانگین سالانه‌ی دمای هوا بسیار نزدیک است.

با توجه به جرم و تراکم بیشتر هوا در سطوح پایین‌تر آتمسفر که خود عامل جذب انرژی بیشتری است، همچنین به دلیل آن که سطح زمین، آتمسفر را گرم می‌کند، با افزایش ارتفاع دما با آهنگ تقریباً ۰/۵ تا ۰/۶ سلسیوس به ازای هر ۱۰۰ متر کم می‌شود.

چنین توزیعی، البته معرف شرایط متعارف جو در لایه‌های زیرین آن است؛ با این حال روند تغییرهای آن می‌تواند در شرایط معین برعکس شود و «لایه‌ی واژگونی» ایجاد کند. پدیده‌ی لایه‌ی واژگونی را که در پایداری و آلودگی هوا اهمیت بسیار دارد، بر اساس شرایط تشکیل شدنش به انواع تابشی، جبهه‌ای و دینامیک تقسیم می‌کنند.

ناهمواری‌های سطح زمین تا حدود زیادی نحوه‌ی توزیع دما را مشخص می‌کنند. در حالی که چاله‌ها، گودال‌ها و دره‌ها به دلیل محصور بودن و عدم تحرک هوا در محیطشان از شرایط حرارتی نهایی برخوردارند، به طوری که در روز به شدت گرم، و در شب سرد می‌شوند، ارتفاعات و ناهمواری‌های کوچک که بیشتر در معرض حرکت هوا قرار دارند، شرایط حرارتی متعادل‌تری دارند.

شیب و جهت مختلف دامنه‌ها نیز در توزیع دما مؤثر می‌باشند و این موضوع بیشتر برای مناطق برون‌حاره، به ویـژه در عـرض‌هـای میانه اهمیت دارد. به همین دلیل، نسبت تابش پراکنده به تابش کلی، معرف میزان دریافت انرژی تابشی در جهات مختلـف دامنـه هاست.

معمولاً در یک روز تمام ابری که تابش مستقیم وجود ندارد، تأثیر جهت در دامنه‌ها به حداقل می‌رسـد. همچنـین درجـه‌ی شـیب دامنه‌ها بیانگر میزان دریافت انرژی تابشی خورشید می‌باشد تا آنجا که تغییر شیب می‌تواند، تأثیر عرض جغرافیایی را بسیار تحلیل ببرد.

دما و تغییرات آن در یک محل، تا حدود زیادی به نقل و انتقال افقی هوای گرم و سرد بستگی دارد. این انتقـال بـه صـورت مسـیر روزانه‌ی وزش منظم باد و یا در دوره‌هایی از سال صورت می‌پذیرد. نقش سیستم‌های متنـوع سـینوپتیک، در انتقـال و جابـه‌جـایی توده‌های هوا در عرض‌های میانه، به خصوص به صورت گسترش هوای سرد و گرم اهمیت بسـیار دارد؛ از ایـن‌رو جابـه‌جـایی مکـرر توده‌های هوا روند روزانه‌ی دما را به هم می‌ریزد.

ابرها، عامل کاهش تابش خورشید هستند و هم باعث کاهش تابش مؤثر. همچنین در تعدیل و کاهش نوسان روزانـه و فصـلی دمـا نقش عمده‌ای دارند، و عامل اقلیمی مهمی به شمار می‌آیند.

معمولاً حداقل دمای روز، مقارن طلوع آفتاب و حداکثر آن پس از انقضای حـداکثر تـابش خورشـید، یعنـی در بعـدازظهرها ایجـاد می‌شود. روند مزبور، با افزایش ارتفاع و فاصله از سطح زمین کند و در عین حال، متعادل می‌شود. با این حال عوامل دیگـر از قبیـل گردش‌های روزانه و فصلی هوا، تلاطم‌های جوی و انواع بارش‌ها در روند روزانه‌ی دما و دامنه‌ی تغییر آن تأثیر می‌گذرد و گاهی بـه کلی آن تغییر می‌دهد. هرچه هوا صاف‌تر و زاویه‌ی ارتفاع خورشید بیشتر باشد، نوسان روزانه‌ی دما شـدیدتر اسـت. بنـابراین تـأثیر عوامل یادشده باعث می‌شود که روند روزانه‌ی دما در مجموع تابع عرض جغرافیایی باشد. معمولاً ایـن رونـد در عـرض‌هـای پـایین شدت دارد، در حالی که در عرض‌های بالا به ویژه در مناطق قطبی ناچیز است.

توزیع سالانه‌ی دما شباهت بسیار به روند روزانه‌ی آن دارد؛ زیرا وجود حرارت‌های نهایی سالانه تابع ارتفاع خورشید است و حداکثر دمای سالانه نیز پس از انقضای حداکثر زاویه‌ی تابش خورشید پدید می‌آید. از این رو معمولاً تیرماه گرم‌تـرین و دی‌مـاه سـردترین موقع سال در عرض‌های میانه است. البته عوامل دیگر به ویژه دریاها تأثیری چشمگیر در تغییر یا تأخیر بروز دمـای نهـایی سـالانه دارند.

نوسان نهایی سالانه‌ی دما نیز تابع وضعیت تابش (عرض جغرافیایی) و موقعیت محل نسبت به دوری یا نزدیکی به دریـا هسـتند. از آنجا که ارتفاع زاویه‌ی خورشید در استوا هرگز از ۶۶/۵ درجه کمتر نمی‌شود و طول روز نیز در طی ایام سال تقریباً برابـر اسـت، در وضعیت انرژی تابشی خورشید تغییر چشمگیری رخ نمی‌دهد. در نتیجه دامنه‌ی سالانه‌ی تغییر دما شدت چندانی نـدارد. در حـالی که در عرض‌های بالا و مناطق قطبی، عکس این امر صادق است.

اهمیت روند تغییرات سالانه‌ی دما در ساختار اقلیم مناطق مختلف، به حدی است که از آن در تقسیم‌بندی‌های اقلیمی، به ویـژه در تعیین درجه‌ی بری (قاره‌ای) یا بحری (دریایی) بودن اقلیم، استفاده می‌کنند.

برای نشان‌دادن وضعیت دما از نقشه‌های همدما استفاده می‌شود، از مطالعه‌ی نقشه‌های همدما نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱) توزیع دما به پراکندگی جغرافیایی آب و خشکی، بستگی دارد، به طوری کـه بـی‌نظمـی خطـوط همـدما در نیمکـره‌ی شـمالی شدیدتر است.

۲) اختلاف حرارتی بین قطب‌های زمین و استوا در نیمکره‌ی جنوبی بیشتر است.

۳) قطب سرد زمین در جنوبگان قرار دارد، زیرا میانگین دمای زمستان در قاره‌ی مزبـور بـه ۶۰- درجـه سلسـیوس مـی‌رسـد و در تابستان‌ها متوسط دما از ۲۵- درجه‌ی سلسیوس بالاتر نمی‌رود.

۴) استوای حرارتی زمین بر استوای جغرافیایی منطبق نیست و با حرکت ظاهری خورشید در منطقه‌ی حاره جابه‌جا می‌شـود، بـه طوری که در تابستان‌ها در نیمکره‌ی شمالی و در زمستان‌ها، با فاصله‌ی کمی از استوا در نیمکره‌ی جنوبی جابه‌جا می شود.

۵) تأثیر جریان‌های دریایی در پراکندگی دما کاملاً محسوس است. در نیمکره‌ی شمالی، سواحل شرقی اقیانوس‌ها گرمتر و سواحل غربی آفریقا و آمریکای جنوبی که زیر نفوذ جریان آب‌های سرد بنگوئلا و پرو قرار دارند، پیوسته دما پایین است. به طور کلی توزیع نامتقارن آب و خشکی در سطح کره‌ی زمین باعث شده است که مقادیر دما و نوسان سالانه‌ی آن در نیمکره‌ی شمالی و جنوبی شباهت چندانی نداشته باشند. در واقع نیمکره‌ی شمالی نسبت به نیمکره‌ی جنوبی، هم گرم‌تر است و هم نوسان فصلی دمای شدیدتری دارد. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که بین دمای موجود (واقعی) و دمای محاسبه شده بر اساس وضعیت تابش در عرض‌های جغرافیایی مختلف (دمای نظری) اختلاف فاحش وجود دارد. این اختلاف از انتقال انرژی به وسیله‌ی بادها و جریان‌های اقیانوسی ناشی می‌شود که در مجموع به صورت گردش عمومی هوا در سطح کره‌ی زمین، به سمت تعادل حرارتی گرایش دارد.