



فصل

دوم

انرژی گرمائی در

جو

انرژي گرمایي درجو :

- منشا تحولات جوي حرکت است درواقع منشا هرحرکتی انرژي است و به هنگام اختلاف انرژي حرکت بوجود مي آید.
- ماشین گرمایي :
جهان درحالت تعادل انرژي بی حرکت وساکن خواهد بود .
- جو زمین يك ماشین گرمایي است .

گرما و دما

• گرما عبارتست از يك نوع انرژی و یا مقدار کار انجام شده بر روی يك جسم در صورتی که کل کار به انرژی جنبشی مولکولی تبدیل شود.

• دمای يك سیستم ویژگی است که تعیین می کند آیا يك سیستم با سیستمهای دیگر در تعادل گرمایی قرار دارد یا خیر

• دما معیاری است برای برآورد متوسط انرژی جنبشی مولکولهای جسم.

گرمای ویژه: مقدار گرمایی است که لازم است به واحد جرم جسمی داده شود تا دمای آن يك درجه افزایش یابد

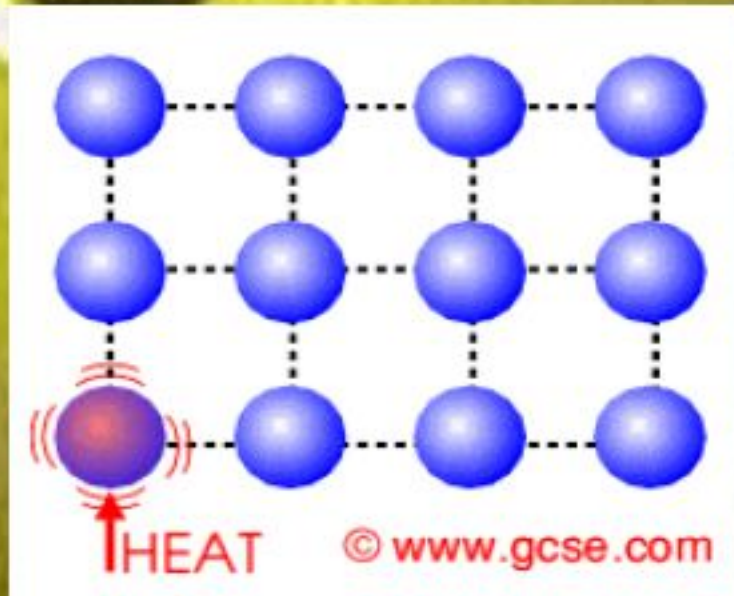
راه هاي انتقال انرژي گرمايي

- 1- هدايت Conduction
- 2- همرفت Convection
- 3- تابش Radiation

هدايت

انتقال انرژي در اثر برخورد
الاستيك مولكولهاي پرانرژي
يك جسم به مولكولهاي مجاور
خود و ادامه اين روند را
هدايت گويند.

- مثال : يك ميله آهني برروي شعله
- نياز به محيط مادي دارد.
 - ماده منتقل نمي شود.

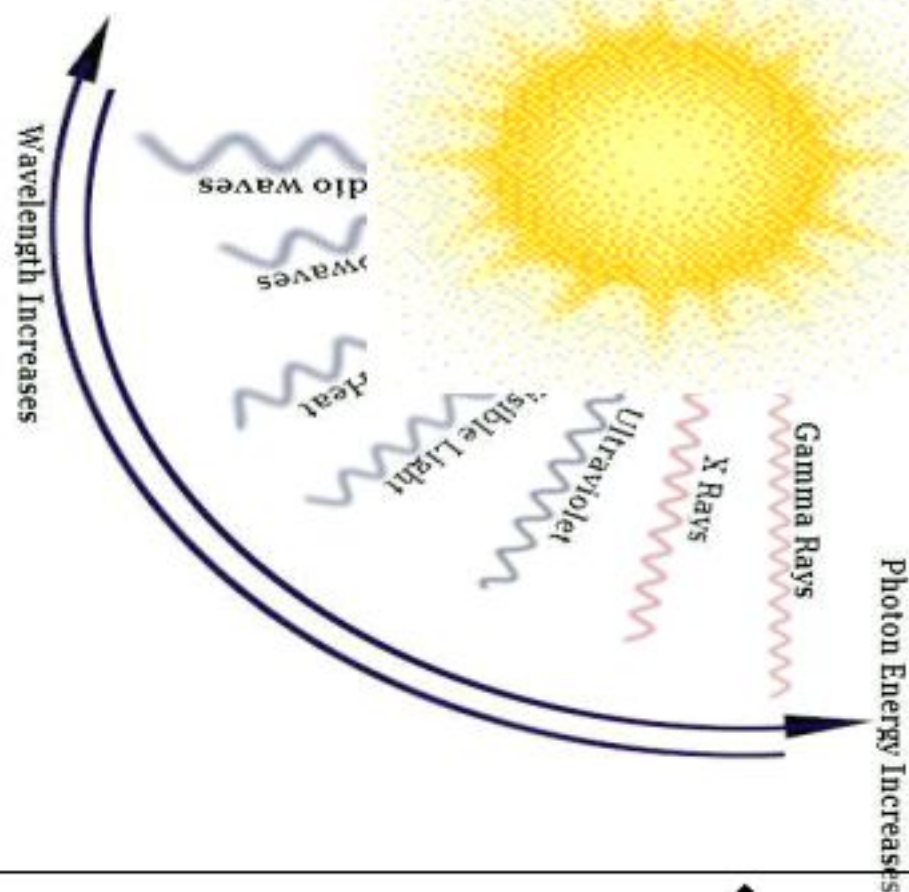


تابش

عدم نیاز به محیط مادی.

ماده منتقل نمی شود.

انتقال از طریق امواج الکترومغناطیس.



Convection (moist):
Upward flowing air currents
causing a cloud to form.

Convection (dry)

Convection (dry)

Warm surface (land or water)

همرفت

انتقال گرما بوسیله انتقال و جابجایی ذرات
حامل انرژی را انتقال به روش همرفتی گویند

مثال: گرم شدن یک ظرف آب بر روی اجاق.
حرکت همرفت هوا در اثر گرم شدن

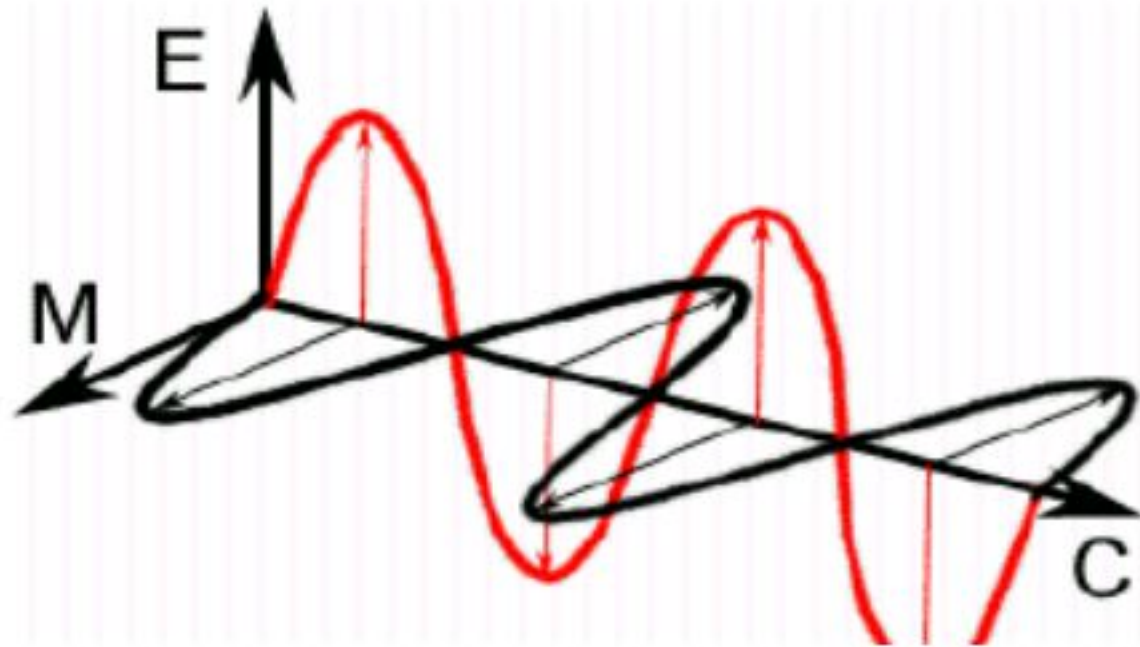
2- مفهوم تابش الکترومغناطیس

تابش الکترومغناطیس از دو بخش تشکیل شده است، که شامل:

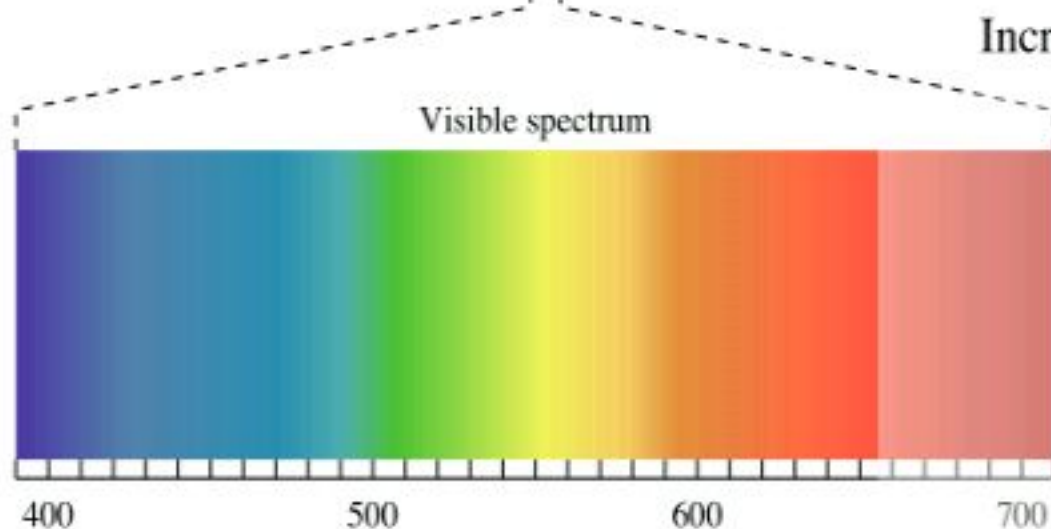
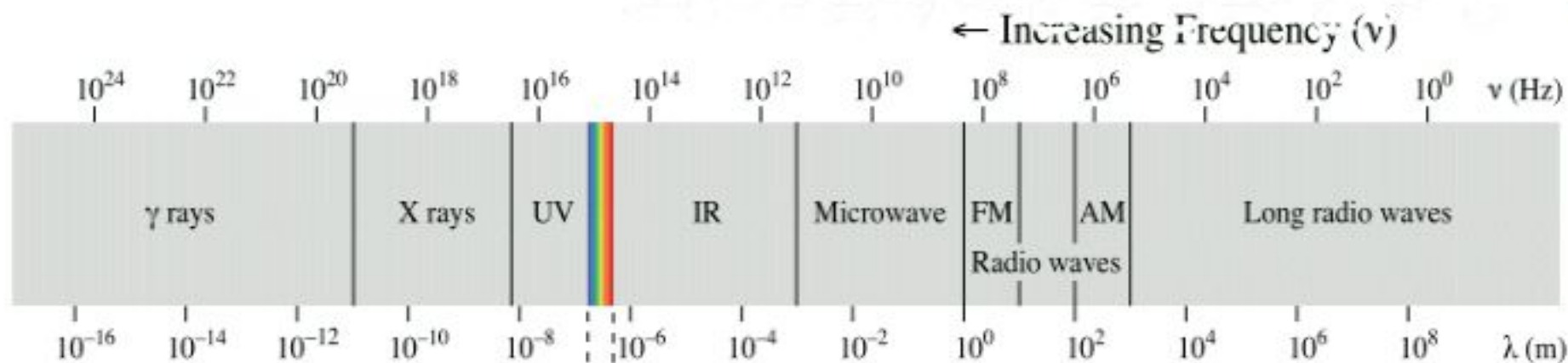
(E) میدان الکتریکی

(M) میدان مغناطیسی

تغییرات قدرت میدان الکتریکی و مغناطیسی برای تابش الکترومغناطیسی در طول محور افقی (z) و با سرعت نور (C) پخش می شود.



تابش الکترومغناطیس خورشیدی در طول موج های مختلف است.
طیف تابشی خورشید دامنه بسیار وسیعی است که در



طیف نور مرئی:

0.39_0.36	بنفش
0.42_0.39	نیلی
0.49_0.42	آبی
0.54_0.49	سبز
0.59_0.54	زرد
0.65_0.59	نارنجی
0.76_0.65	قرمز

خورشید منبع اصلي تامین انرژی است .
 در هر ثانیه 5 میلیون تن جرم خورشید به انرژی
 تبدیل می شود. به تقریب 17 برابر جرم زمین



پروتون (P)	پروتون (P)	دوتریون (d)	پوزیترون (e ⁺)	نوترینو (ν)
------------	------------	-------------	----------------------------	-------------



بیش از یک هفته
است که لکه 1109

روی سطح

خورشید پدیدار

شده و به وضوح از

زمین دیده می شود.

پهنای این لکه

خورشیدی 100 هزار

کیلومتر است که

نزدیک به 8 برابر

قطر زمین است. در

این تصویر که روز

گذشته (5 شنبه

8/7/89) گرفته

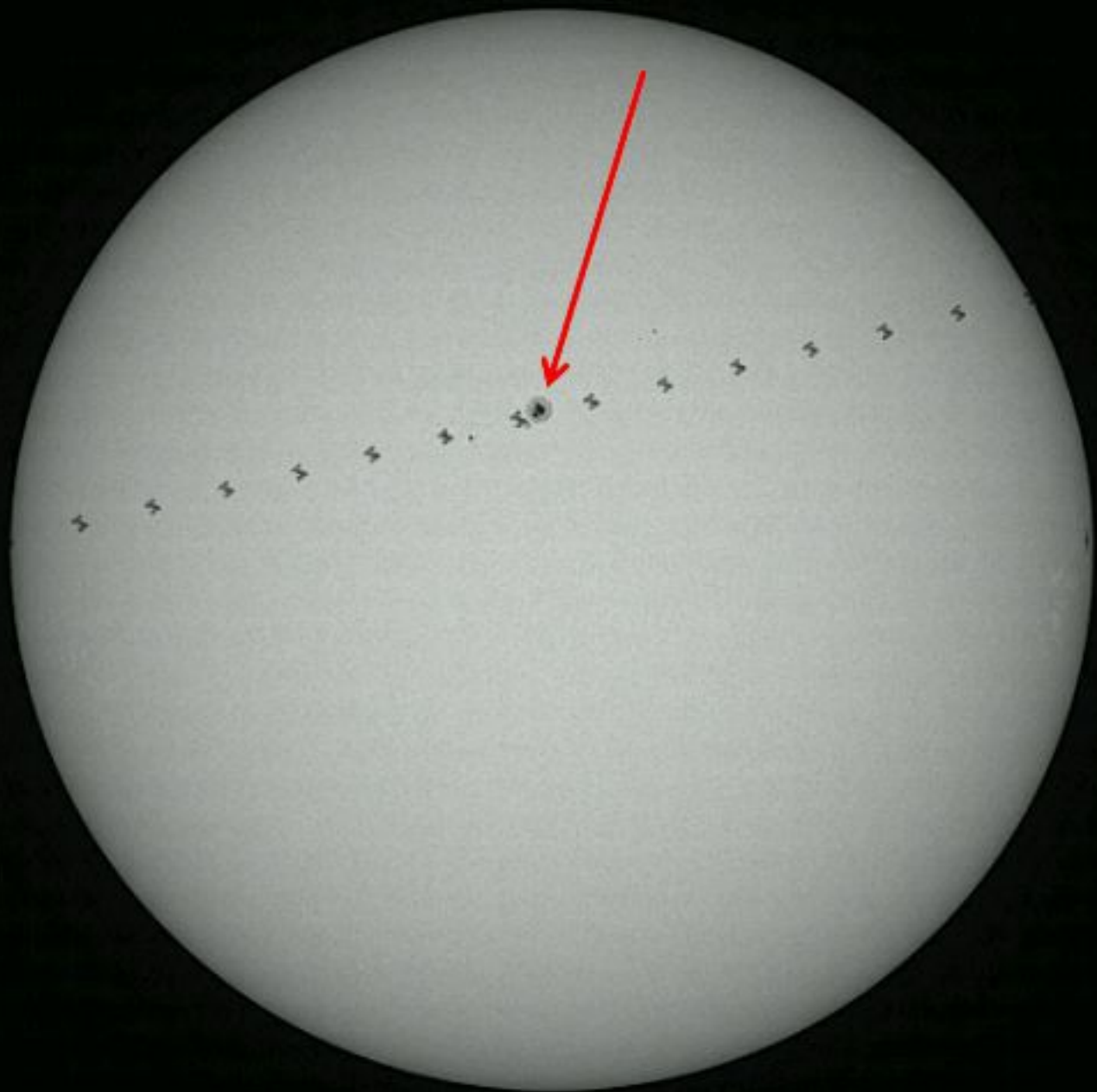
شده، مراحل عبور

ایستگاه فضایی از

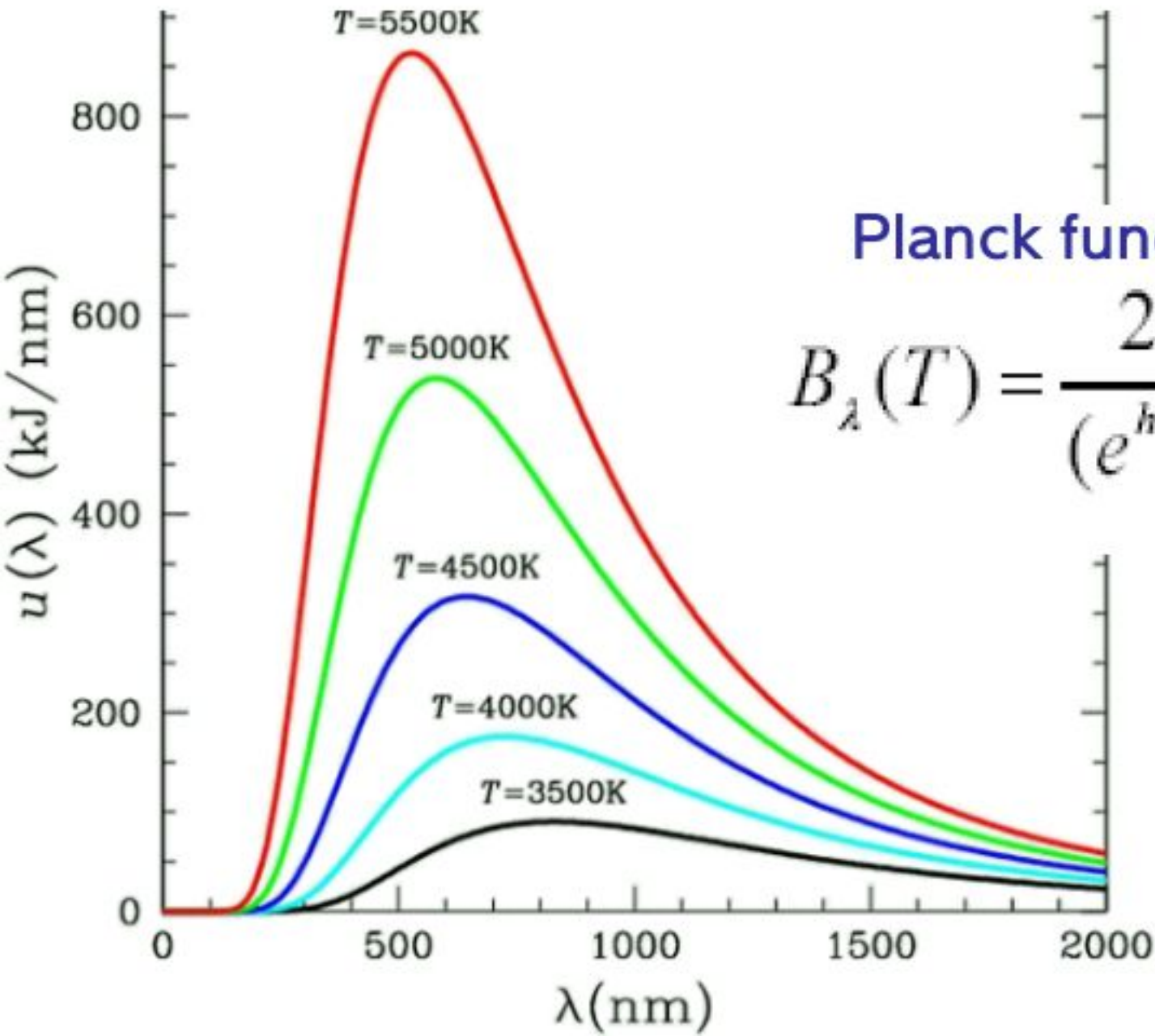
مقابل خورشید نیز

ثبت شده و جالب

اینجاست که مسر



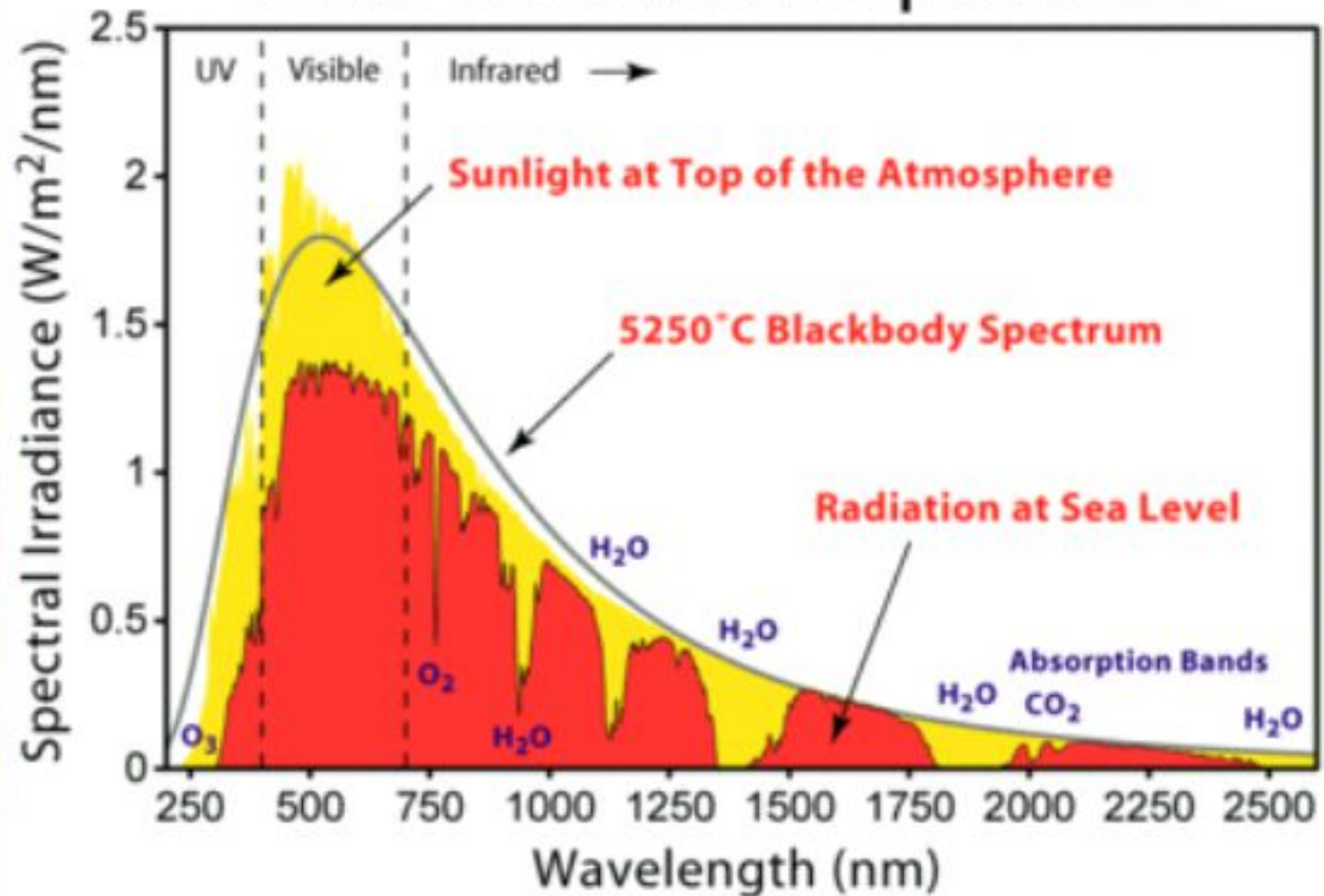
Blackbody radiation—radiation emitted by a body that emits (or absorbs) equally well at all wavelengths



Planck function

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2\lambda^{-5}}{(e^{hc/k\lambda T} - 1)}$$

Solar Radiation Spectrum



محاسبه میزان انرژی تابیده از خورشید

قانون بولتزمن (انرژی تابشی از واحد سطح در واحد زمان):

$$S = 8.26 \times 10^{-11} T^4$$

$$S_{\text{sun}} = 8.26 \times 10^{-11} (5793)^4 = 9.302 \times 10^4 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$$

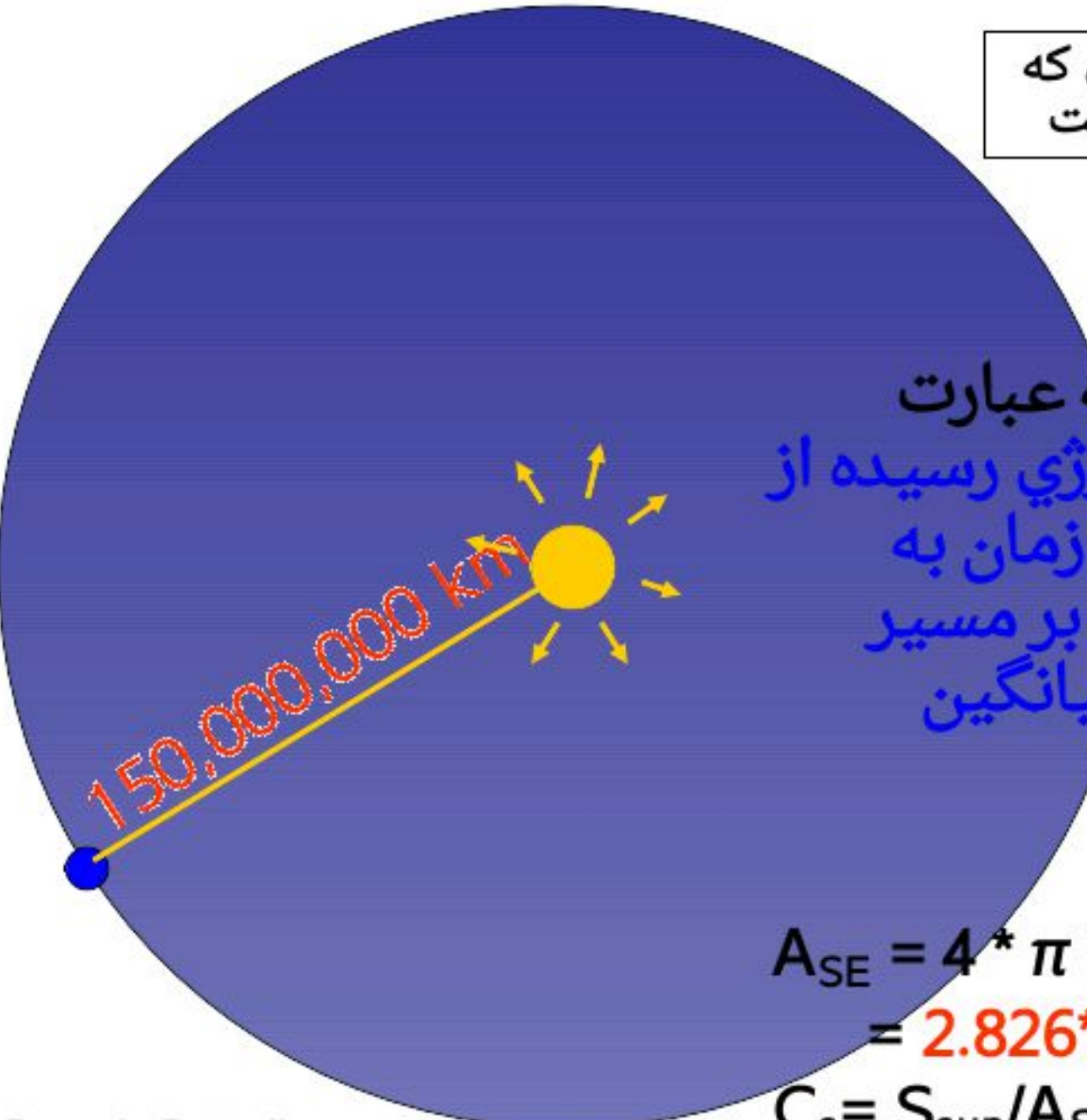
$$E_{\text{tot}} = A_{\text{sun}} * S_{\text{sun}}$$

$$A_{\text{sun}} = 4\pi R_{\text{sun}}^2, \quad R_{\text{sun}} = 6.955 \times 10^8 \text{ m}$$

$$E_{\text{tot}} = 9.302 \times 10^4 * 6.076 \times 10^{22} = 5.652 \times 10^{27} \text{ cal/min}$$

محاسبه کل مقدار انرژی که
زمین از خورشید دریافت
می کند

1- محاسبه ثابت
خورشیدی (C_s) که عبارت
است از: مقدار انرژی رسیده از
خورشید در واحد زمان به
واحد سطح عمود بر مسیر
تابش در فاصله میانگین
زمین تا خورشید

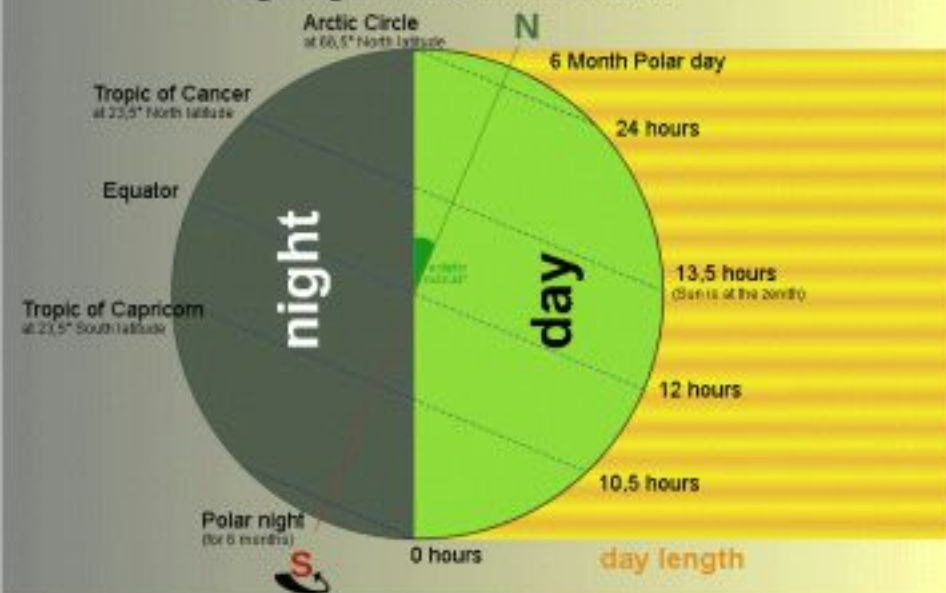

$$A_{SE} = 4 * \pi (1.5 * 10^{13})^2$$
$$= 2.826 * 10^{27} \text{ cm}^2$$

$$C_s = S_{\text{sun}} / A_{SE}$$

$$5.652 * 10^{27} / 2.826 * 10^{27}$$

Day length

Lighting of the earth on 21 June

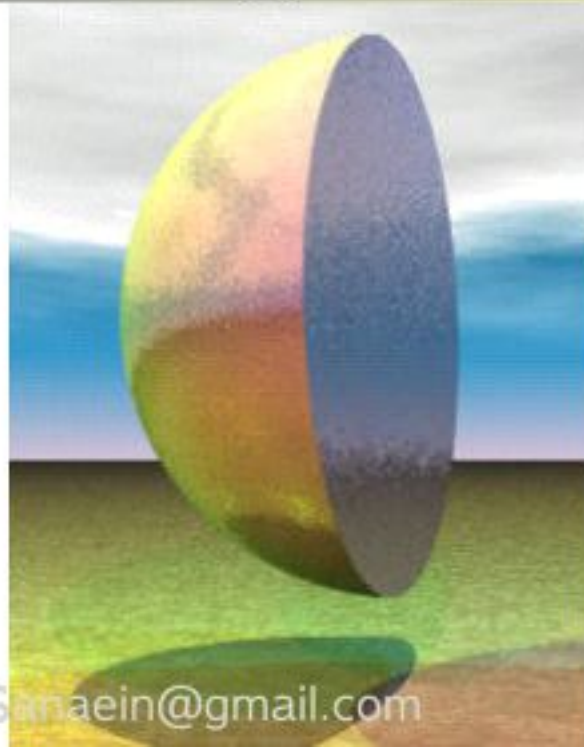


محاسبه کل مقدار
انرژی که زمین از
خورشید دریافت
می کند

2- محاسبه مساحت دایره ی عظیمه ی کره
زمین و ضرب آن در ثابت خورشیدی

$$\begin{aligned} A_{EG} &= \pi R_E^2 \\ &= 3.14 * (6.371 * 10^8)^2 \text{ cm}^2 \\ &= 2.0049 * 10^{19} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{TE} &= C_s * A_{EG} \\ &= 2 * 2.0049 * 10^{18} \text{ cal/min} \end{aligned}$$



توازن انرژی بر روی زمین

میانگین تابش دریافتی بر روی کل کره زمین

$$= (\pi R_E^2 * C_s) / (4\pi R_E^2)$$

$$= 0.5 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$$

میانگین انرژی تابش یافته از سطح زمین

$$= 8.26 \cdot 10^{-11} T^4 = 8.26 \cdot 10^{-11} * (288)^4$$

$$\sim 0.5$$

Image NASA
Image © 2007 TerraMetrics

قانون وین

:Wien

برای خورشید:

$$\rightarrow \lambda_{\max} = 0.5$$

$$T \cdot \lambda_{\max} = 2880$$

$$5793 \cdot \lambda_{\max} = 2880$$

حدود 25% تابشهای خورشیدی طول موجشان کمتر از λ_{\max} و 75% آنها طول موجشان بزرگتر از آن می باشد.

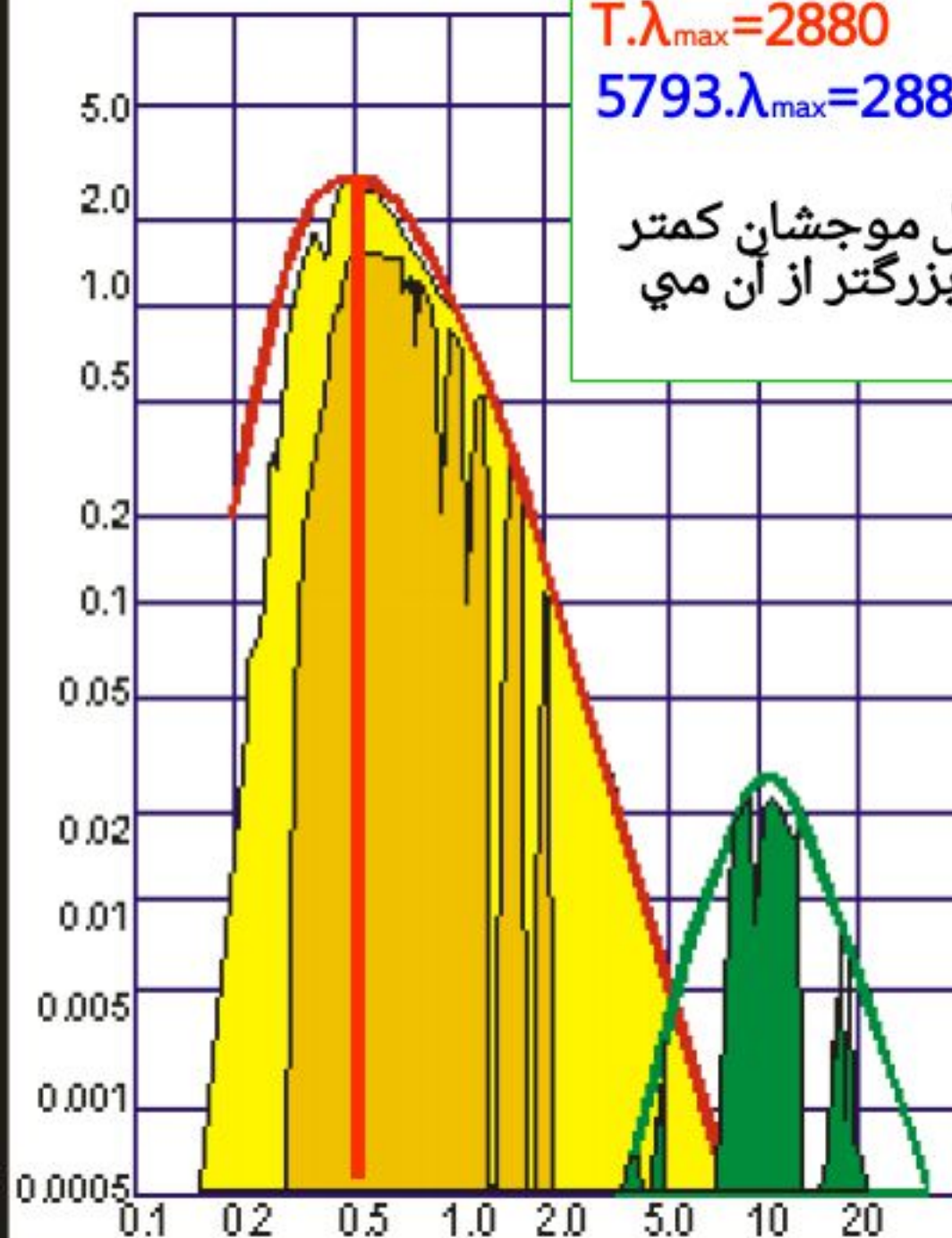
برای زمین $T = 288 \text{ K}$

$$T \cdot \lambda_{\max} = 2880 \quad \lambda$$

$$\lambda_{\max} = (2880/288)$$

$$= 10 \mu$$

محدوده تابشی زمینی خارج از باند مرئی است و در نتیجه با چشم انسان دیده نمی شود.



مسئله انرژي درجو ازدو دیدگاه



- توزیع انرژی بر روی کره زمین
- توزیع زمانی انرژی
- توزیع مکانی انرژی

• توازن انرژی درجو

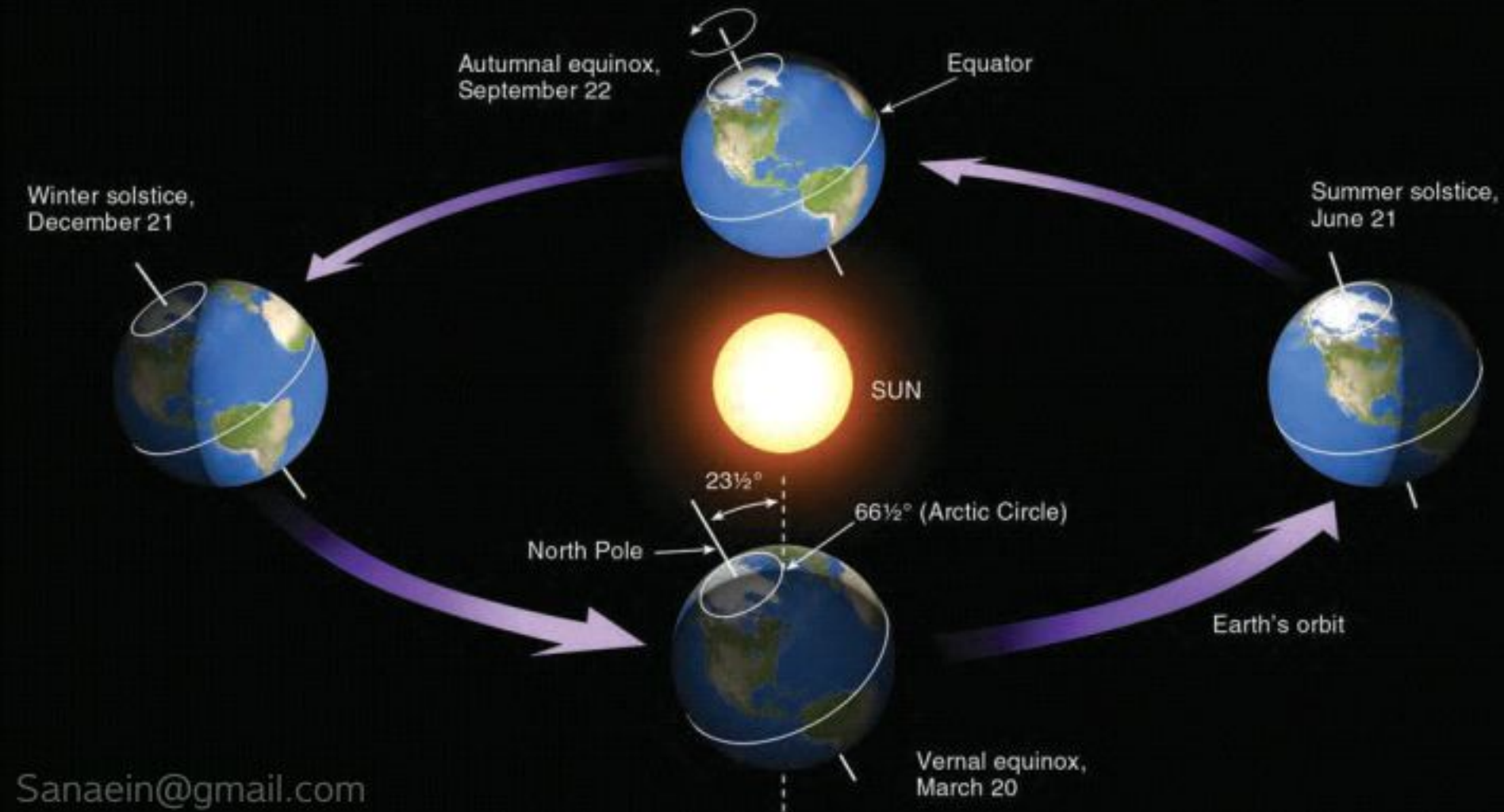
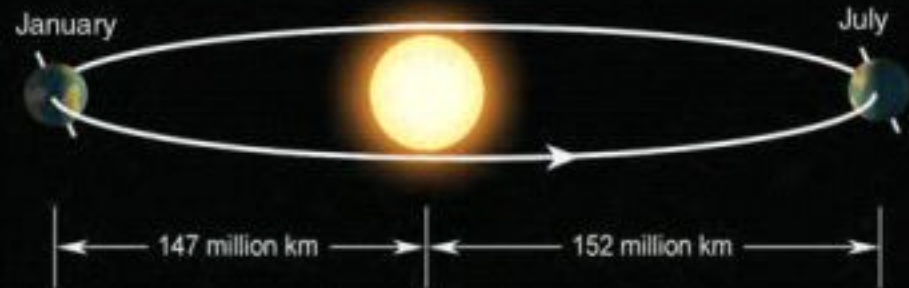
منظومه شمسی - صفحه ی مداری



زمین

تغییرات انرژی نسبت به زم

- چگونه فصل های مختلف بر روی زمین ایجاد می شوند
- مقایسه زمستانها و تابستانهای در دو نیمکره ی شمالی و جنوبی



Length of Time from Sunrise to Sunset for Various Latitudes on Different Dates

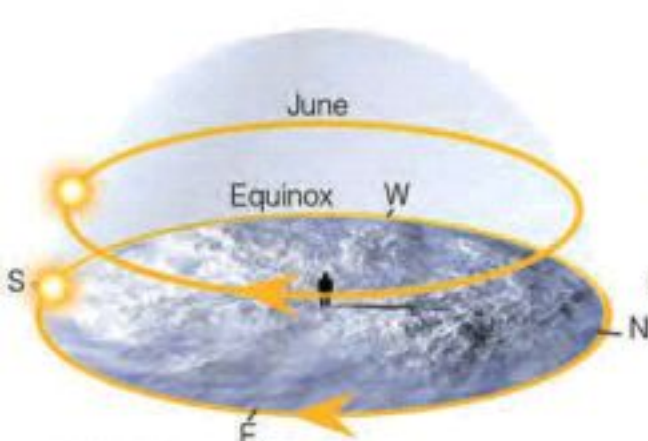
NORTHERN HEMISPHERE				
Latitude	March 20	June 21	Sept. 22	Dec. 21
0°	12 hr	12.0 hr	12 hr	12.0 hr
10°	12 hr	12.6 hr	12 hr	11.4 hr
20°	12 hr	13.2 hr	12 hr	10.8 hr
30°	12 hr	13.9 hr	12 hr	10.1 hr
40°	12 hr	14.9 hr	12 hr	9.1 hr
50°	12 hr	16.3 hr	12 hr	7.7 hr
60°	12 hr	18.4 hr	12 hr	5.6 hr
70°	12 hr	2 months	12 hr	0 hr
80°	12 hr	4 months	12 hr	0 hr
90°	12 hr	6 months	12 hr	0 hr

• طول روز در عرض های جغرافیائی مختلف

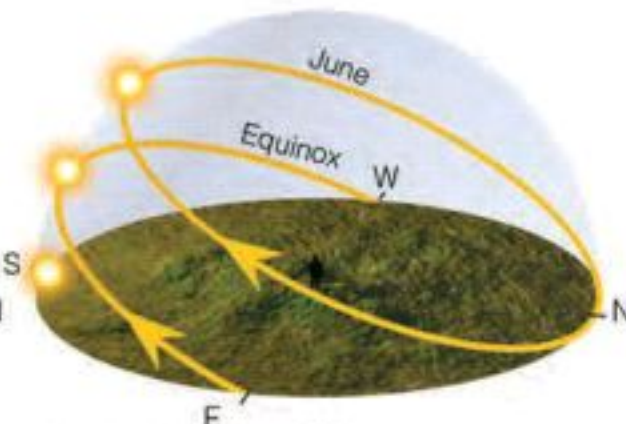
• طلوع و غروب در عرض های جغرافیائی نزدیک قطب



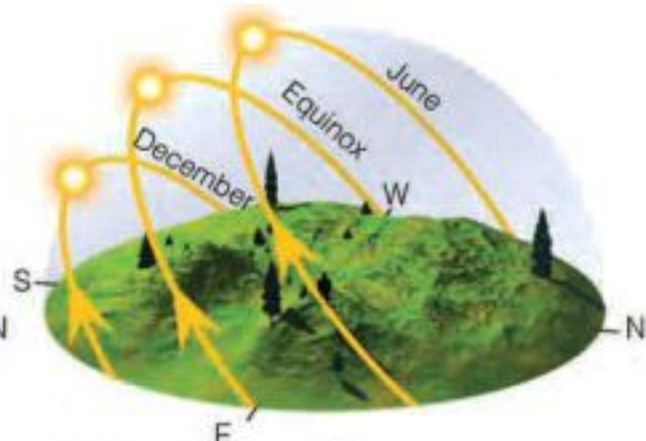
حرکت ظاهری خورشید در آسمان در عرض های جغرافیائی نمونه، در انقلاب های زمستانی، تابستانی و اعتدالی



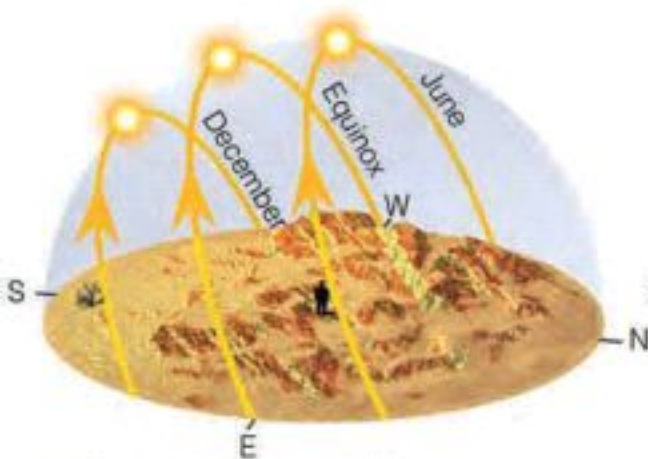
(a) North Pole, 90°N



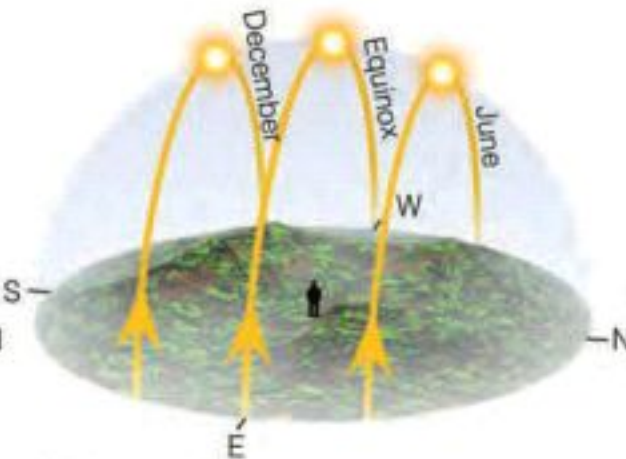
(b) Arctic Circle, $66\frac{1}{2}^{\circ}\text{N}$



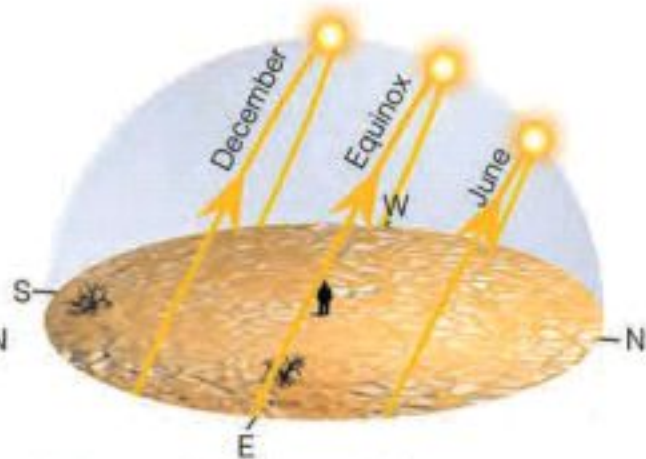
(c) Middle latitudes, 40°N



(d) Tropic of Cancer, $23\frac{1}{2}^{\circ}\text{N}$



(e) Equator, 0°

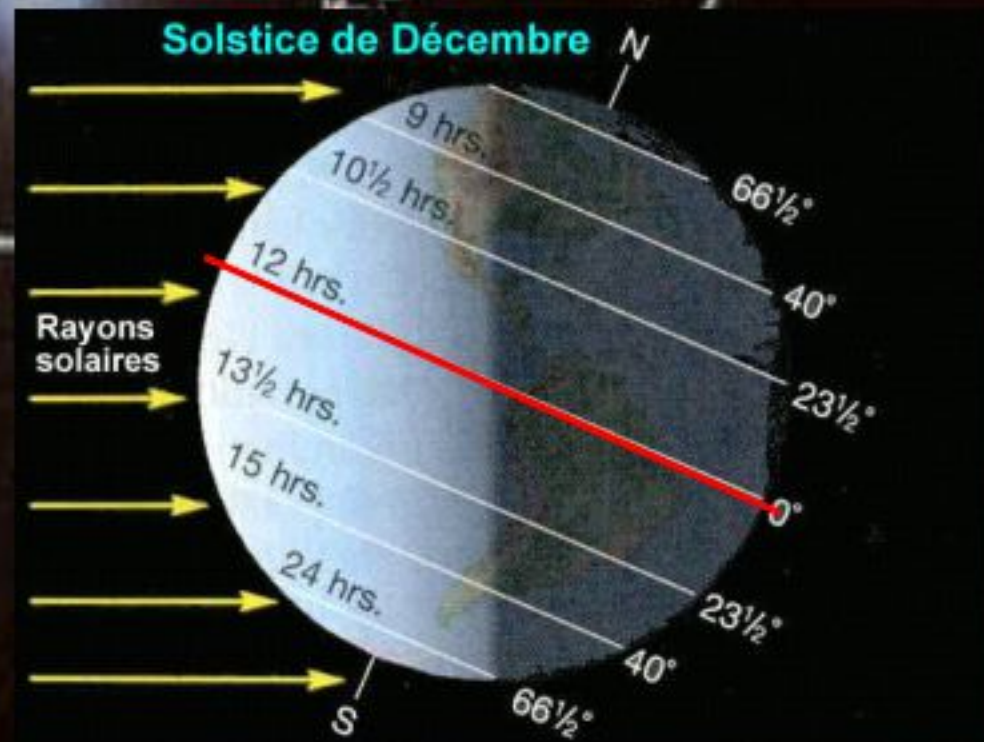


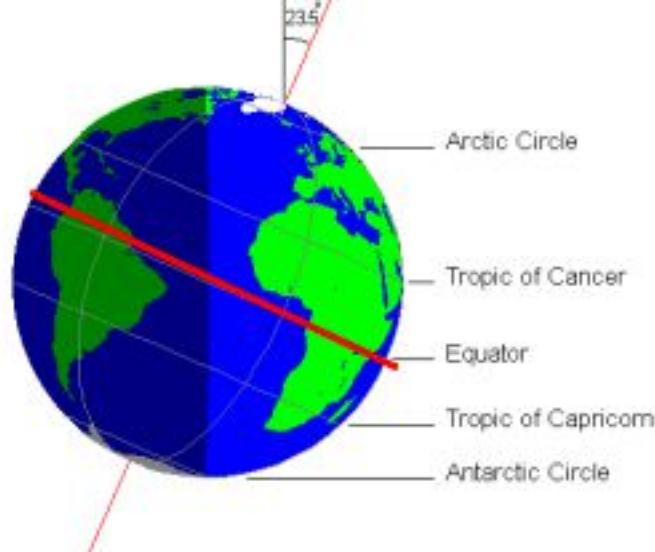
(f) Tropic of Capricorn, $23\frac{1}{2}^{\circ}\text{S}$

انقلاب زمستاني

➤ خورشید در 5/23
درجه جنوبي عمود
مي تابد
طولاني ترين شب
سال در نيمکره
شمالي

➤ نزديکترين حالت
زمين به خورشید





انقلاب تابستانی

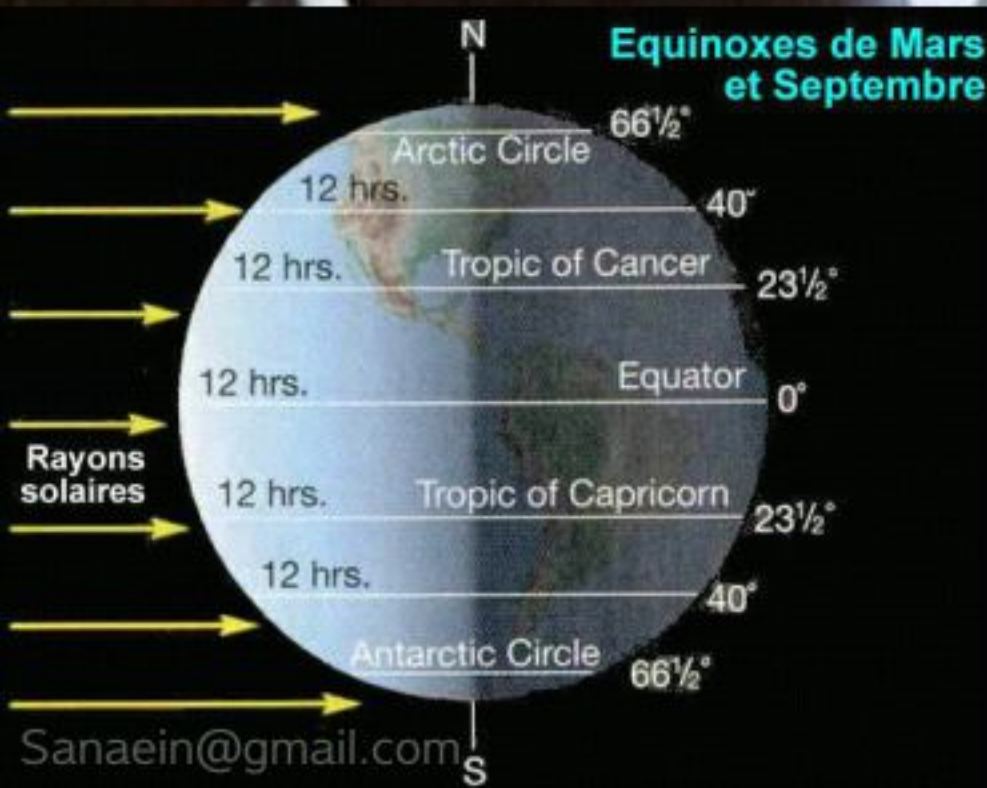
➤ طولانی ترین روز سال
در نیمکره شمالی

➤ دورترین فاصله زمین از
خورشید

Summer in the
northern hemisphere;
Winter in the
southern hemisphere

➤ تابش عمودی خورشید
در عرض 23.5 درجه
شمالی

Spring in the
northern hemisphere;
Autumn in the
southern hemisphere



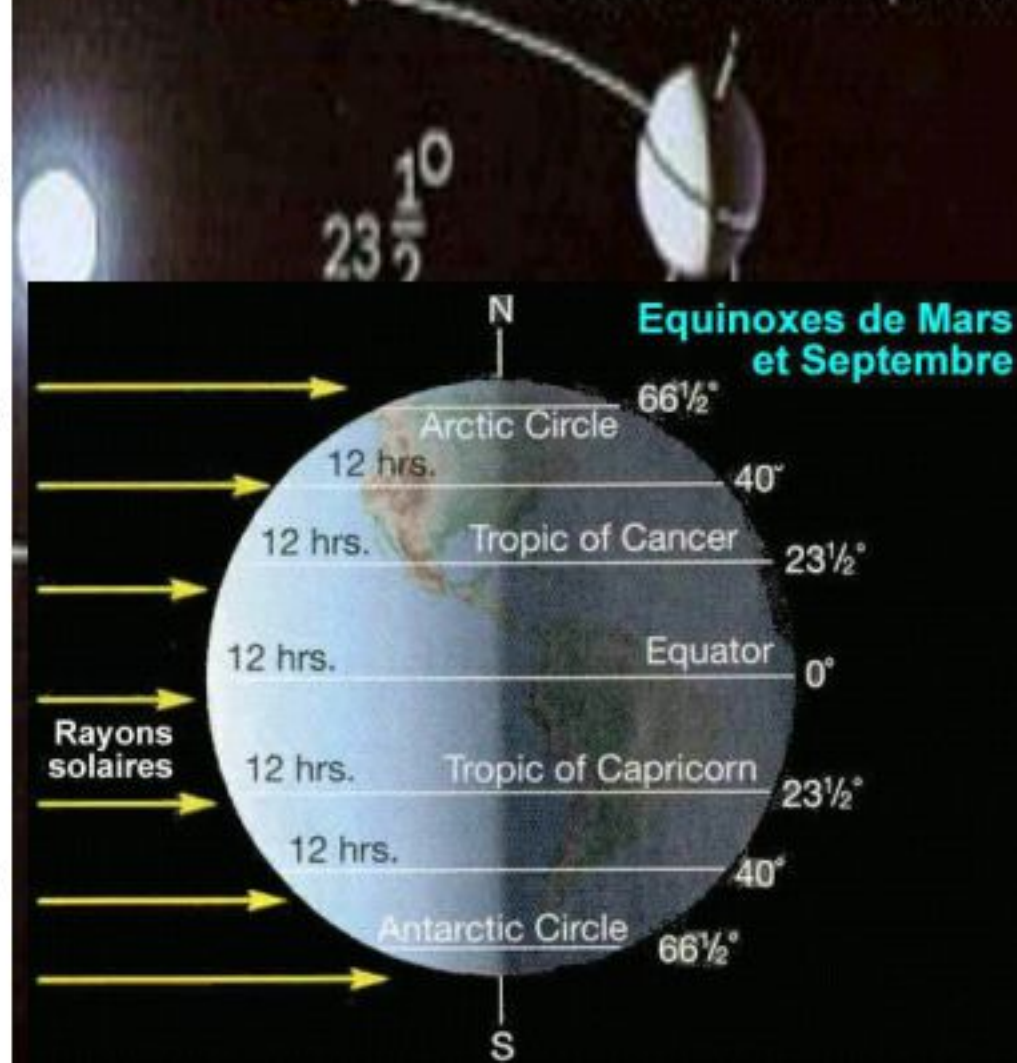
اعتدال بهاري

- تابش عمود خورشید بر استوا
- دریافت انرژی یکسان در نیمکره
- طول روز و شب یکسان و برابر با 12 ساعت در تمام کره زمین
- توزیع تابش متقارن

اعتدال پائیزی

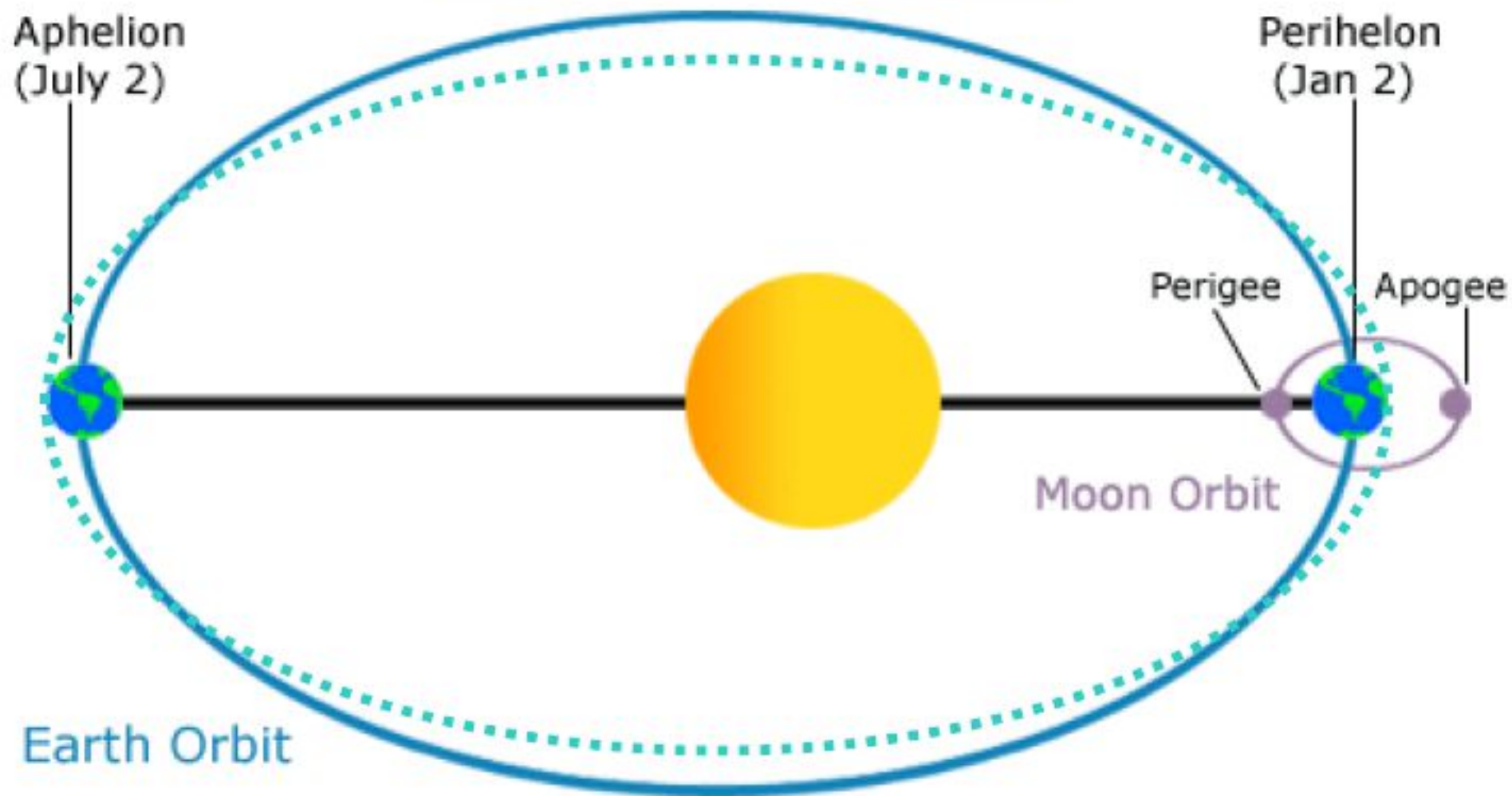
- تابش عمود خورشید بر استوا
- دریافت انرژی یکسان دو نیمکره
- طول روز و شب یکسان و برابر با 12 ساعت در تمام کره زمین
- توزیع تابش متقارن است.

Winter in the northern hemisphere;
Summer in the southern hemisphere

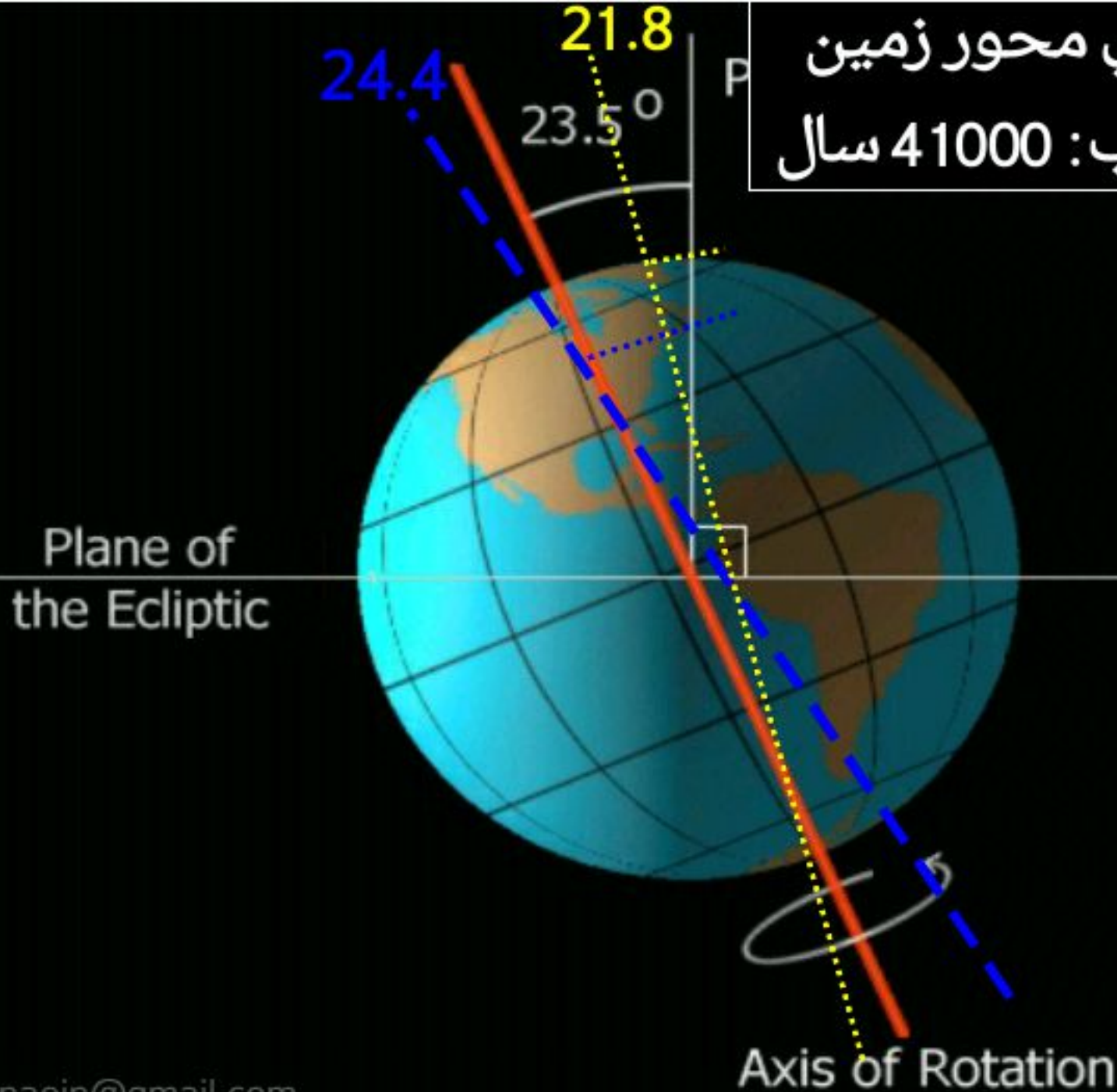


تپش مداری

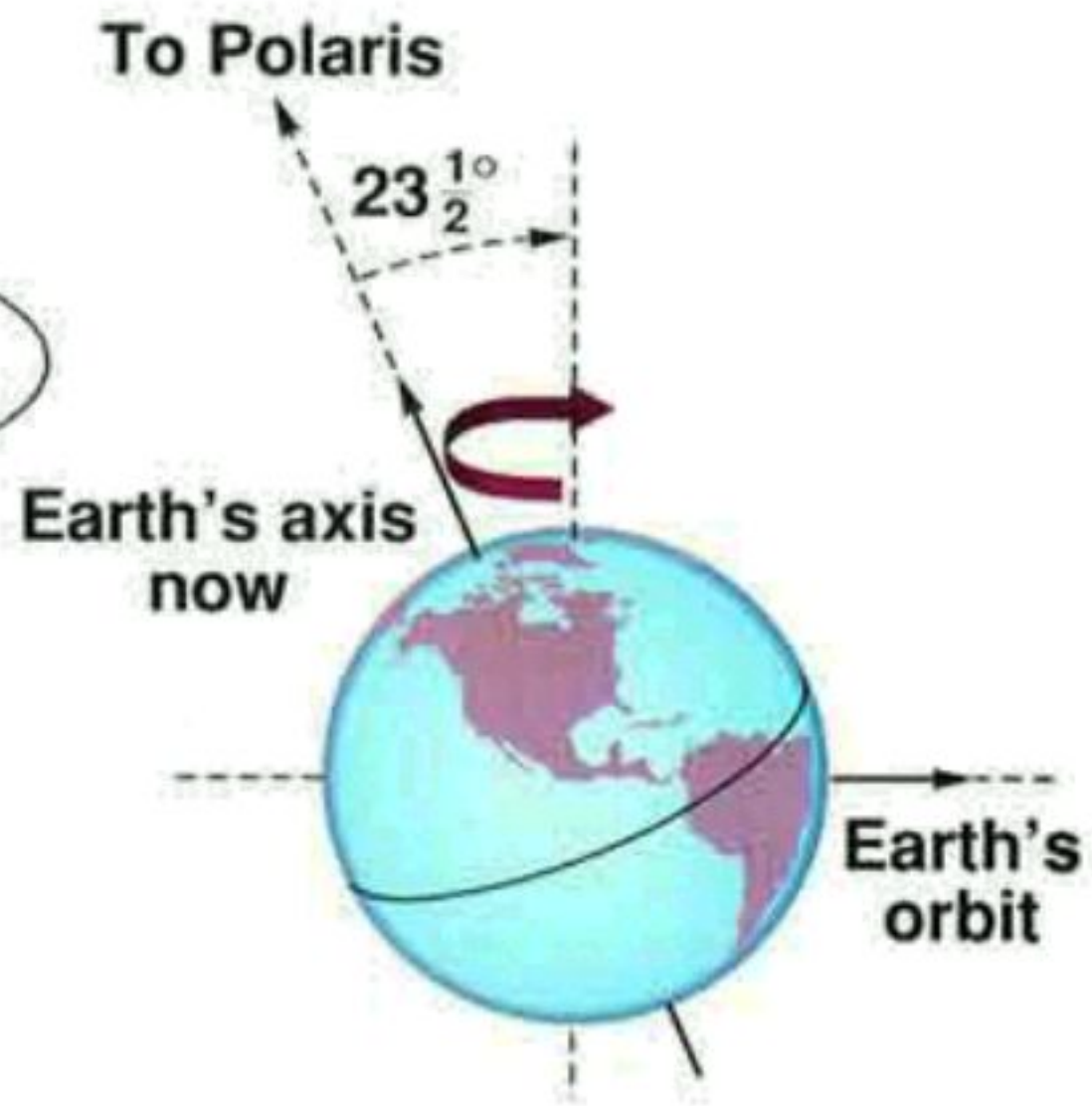
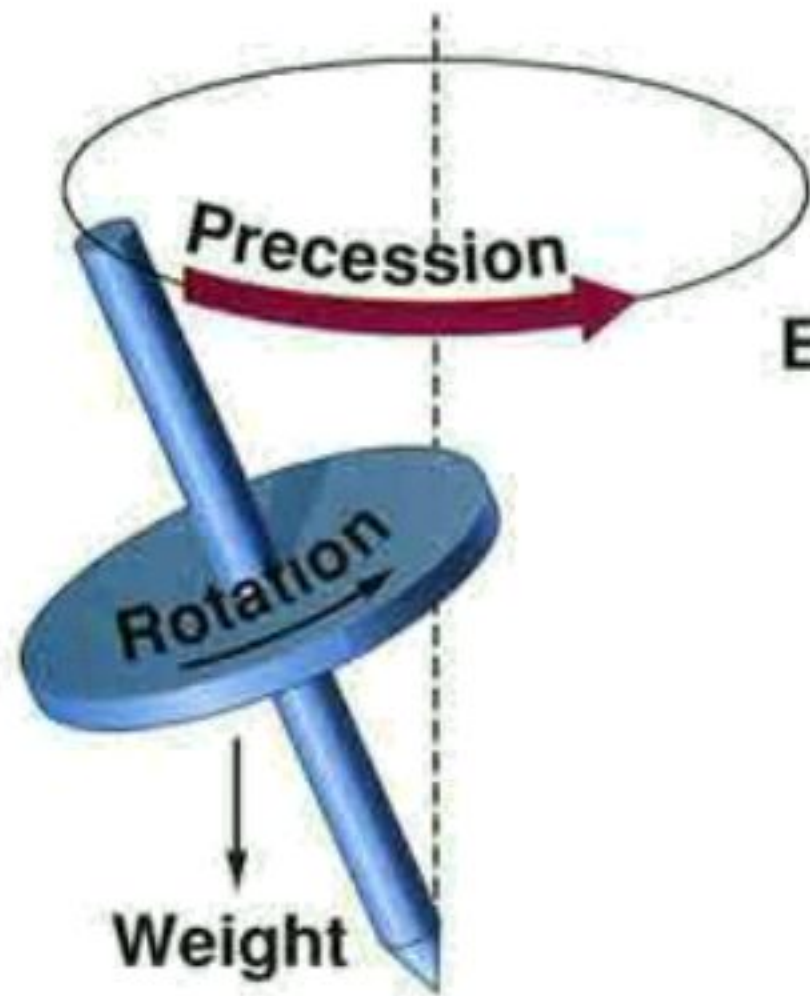
دوره تناوب: 95000 سال



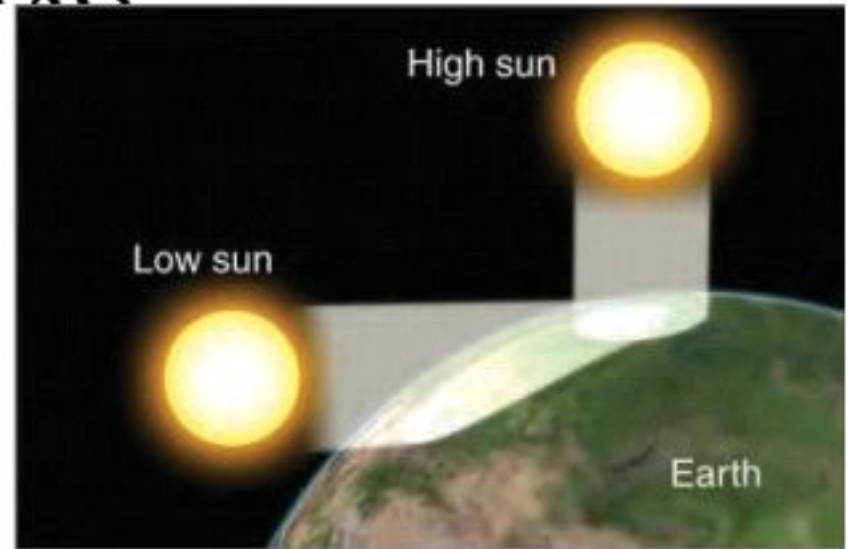
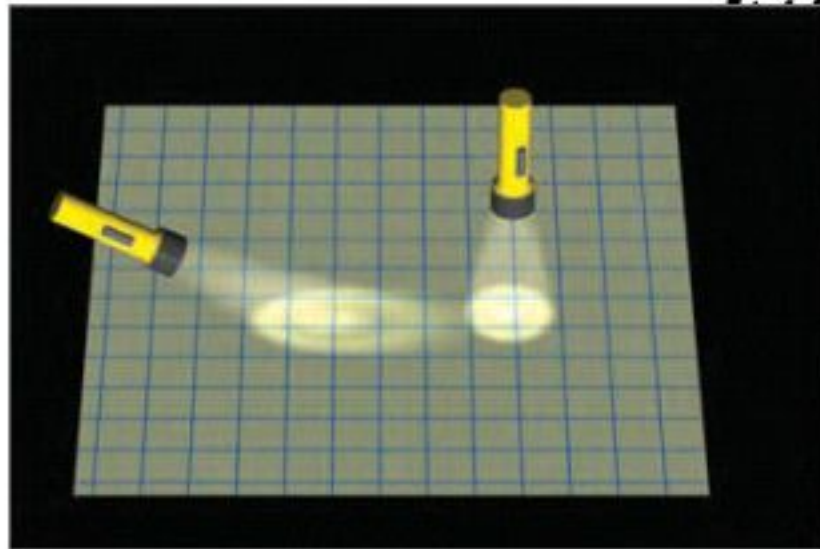
تغيير كجي محور زمين
دوره ي تناوب: 41000 سال



حرکت رقص محوري،
دوره تناوب: 21000
سال



عوامل تاثیرگذار بر توزیع مکانی تابش خورشیدی بر روی



پستی و بلندی های زمین در نقاط مختلف باعث شده که حتی در عرض جغرافیایی معین وجه رو به جنوب کوه تابش بیشتری دریافت کند. مقایسه قسمتهای شمالی و جنوبی رشته کوه البرز.



1. کروی بودن زمین
2. فصول مختلف سال و چرخش زمین به دور خورشید

3. اثر جو زمین
4. پستی و بلندی
5. طول روز
6. فاصله زمین از خورشید
7. جنس سطح زمین
8. موقعیت خورشید نسبت به سطح زمین

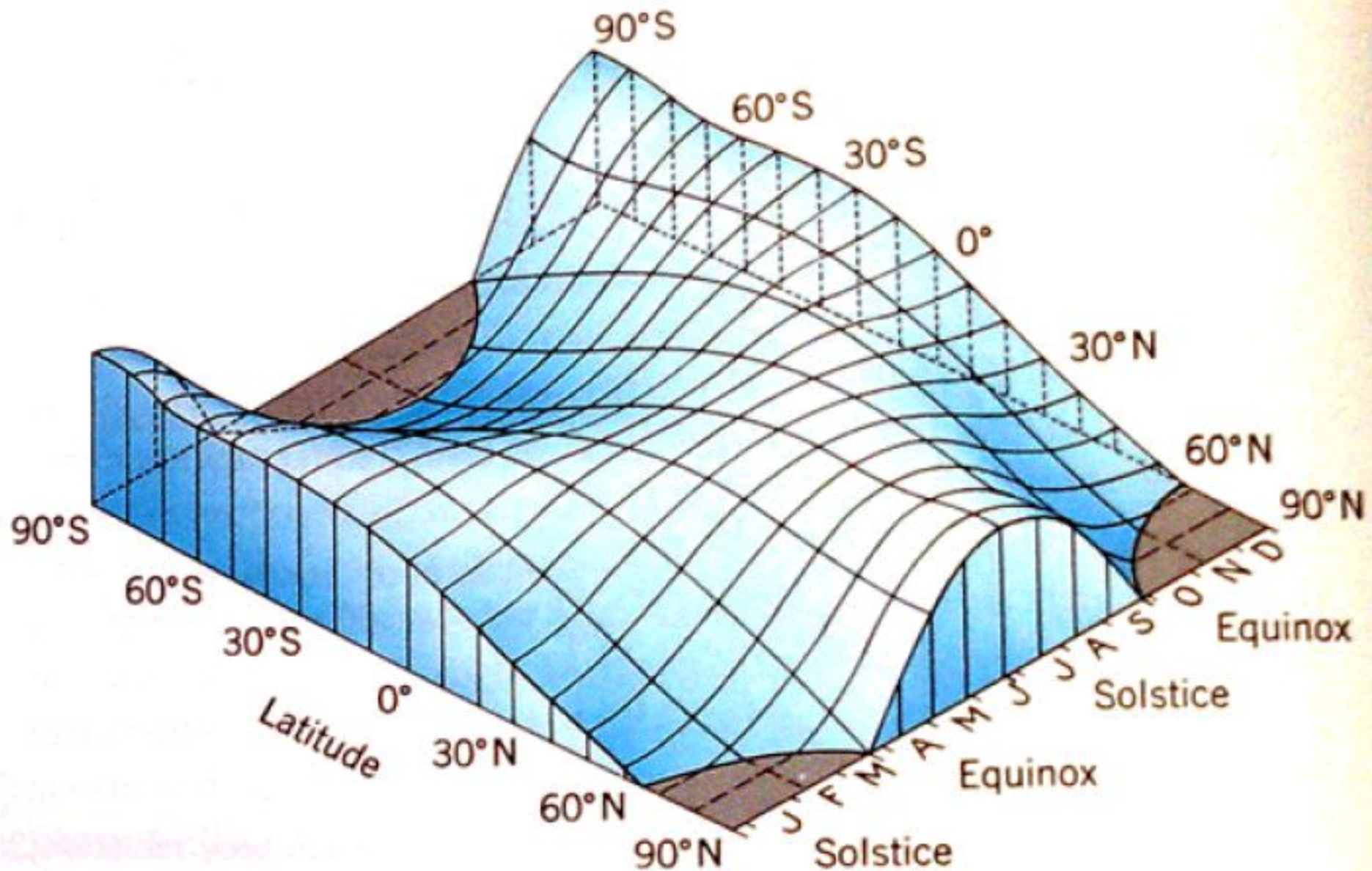


FIGURE 3.7 Variation of insolation with latitude and season.
(After W. M. Davis.)

تغییرات انرژی دریافتی در روی کره زمین با توجه به عرض جغرافیایی

- در اعتدالین توزیع تابش متقارن است که حداکثر آن در استوا مشاهده می شود. در این مواقع طول روز در همه جا 12 ساعت است و میزان انرژی فقط به ارتفاع خورشید نسبت به سطح افق بستگی دارد.

- در اواسط اردیبهشت و همچنین در اواسط ماه آبان حداکثر انرژی را مدار 30 درجه شمالی (یا جنوبی) دریافت می کند که خود نتیجه ترکیبی طول مدت روز و تابش است (در حالی که در این اوقات در 15 درجه عرض شمالی خورشید عمود می تابد، اما طول روز در این نواحی حدود یک ساعت کمتر است). مکان دیگر حداکثر دریافت انرژی حوالی قطب شمال و جنوب است که در نتیجه دوام 24

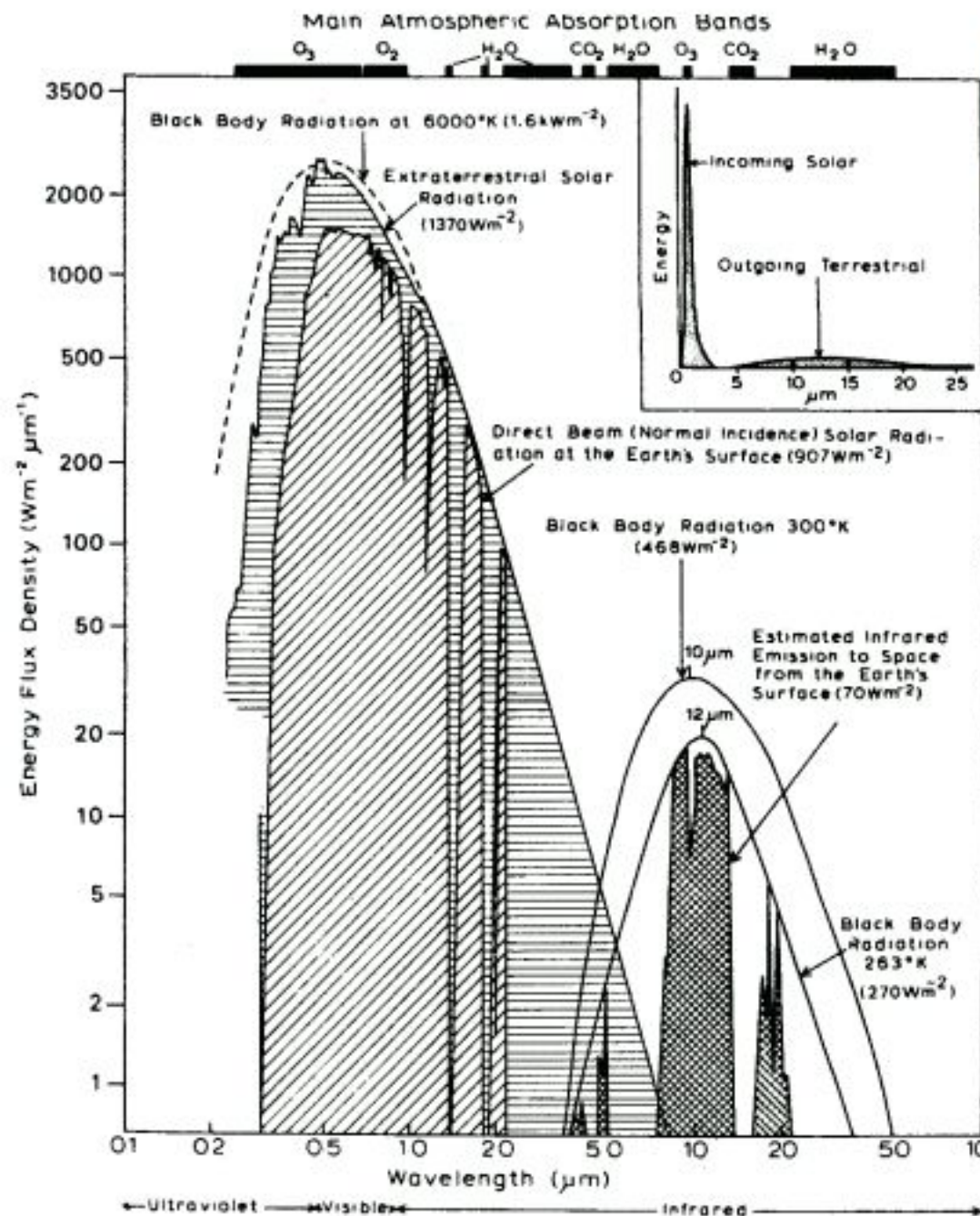
- در انقلاب تابستانی مناطق حداکثر دریافت انرژی اصولاً مناطق قطبی نیمکره ها هستند و این به دلیل تأثیر مدت تابش است که دریافت انرژی این مناطق را به حدی می رساند که هرگز از اوایل خرداد تا اواخر تیرماه در سایر نواحی پیش نمی آید .

- در قطب شمال یا جنوب درست بعد از 3 ماه و نیم از زمان حداکثر تابش دریافتی تابستانی مقدار انرژی دریافتی بار دیگر به صفر نزول می کند.

- در مناطق بالاتر از عرض 50 درجه به طرف قطب نوسان شدید اقلیم تابشی دیده می شود .

- در مجموع نیمکره جنوبی در تابستانها انرژی بیشتری دریافت می کند با این حال اگر انرژی دریافتی این نیمکره را در شش ماهه تابستانی در نظر بگیریم اختلاف انرژی دریافتی در دو نیمکره به خاطر کوتاهتر بودن نیمسال تعادل پیدا می کند .

تأثير جو زمين بر تابش خورشیدی



تابش خورشیدی ضمن عبور از جو دستخوش تغییرات کمی و کیفی می شود .

• حداکثر تراکم انرژی در حوالی محدوده مرئی یا طول موج تقریبی 5/ میکرون واقع است

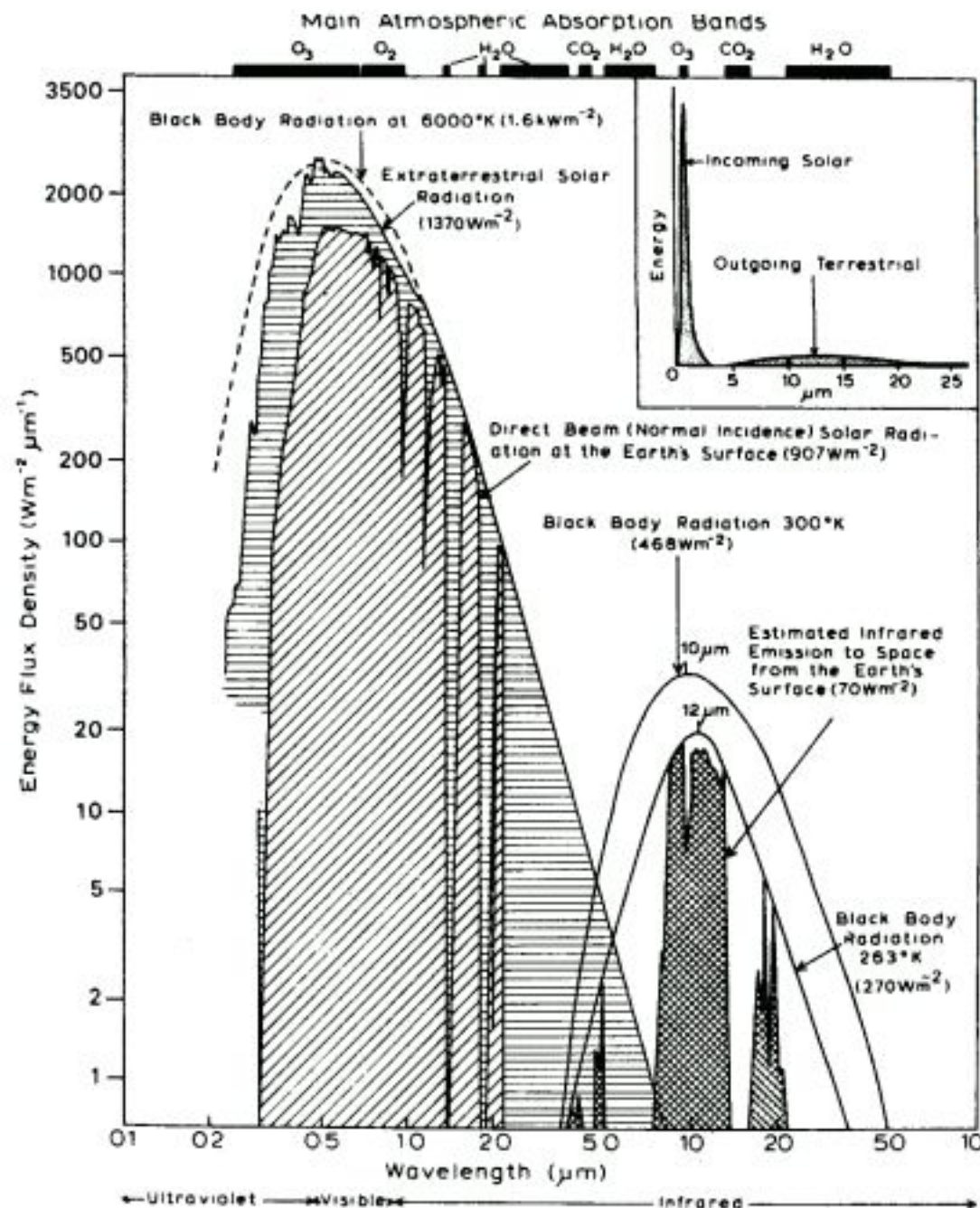
• انرژی تابش خطرناک ماوراءبنفش به سرعت و ناگهانی و انرژی تابش مادون قرمز به آرامی و به تدریج رو به کاهش می گذارند .

• دربخشی از محدوده طیف گسیتهایی مشاهده می شود که آنها را باند تاریک طیف می نامند .

• باندهای تاریک درقسمت مرئی طیف کمترند و در باند مادون قرمز روبه افزایش هستند .

تأثير جو زمين بر تابش زميني

اثر گلخانه اي و پنجره نوري جو



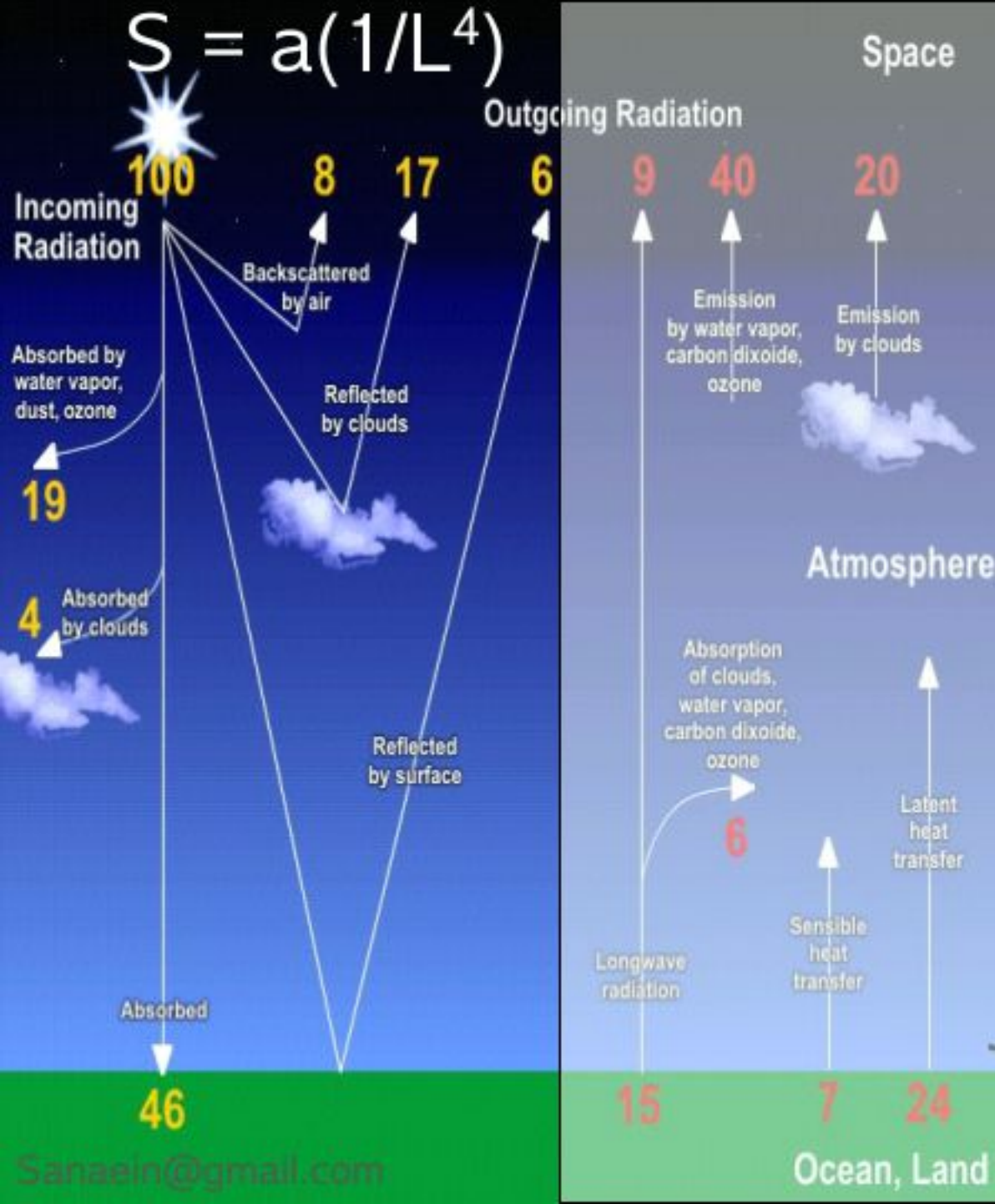
اثر جو	تابش زميني
50% جذب درجو	3-5 و 11-9 ميكرون
اثر گلخانه اي، 100% جذب درجو	5-7 و < 14 ميكرون
پنجره هاي نوري جو	8-12 ميكرون

- مقایسه انرژی طیف خورشید در ارتفاعات مختلف نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع مقدار انرژی در تمام باندهای طیف بیشتر و گسست در باندهای مختلف کمتر می‌شود.

- مقایسه انرژی طیف خورشیدی در خارج از اتمسفر با سطح زمین نشان می‌دهد که تابش خورشید ضمن عبور از اتمسفر مقدار چشمگیری از انرژی خود را در محدوده ای از دست می‌دهد.

- پدیده حذف در قلمروی محدوده قرمز و مادون قرمز شدیدتر از دیگر محدوده های طیف است. علت حذف طول موج تابش اساسا پخش و جذب انتخابی است.

$$S = a(1/L^4)$$



توازن انرژی در جو

انرژی تابشی خورشید

پخش scattering

توسط ذراتی با قطری در محدوده طول موج تابیده شده رخ داده و عامل رنگ آبی آسمان است. (8 واحد)

بازتاب Reflection

1- بازتاب از جو: توسط ذرات معلق با قطر بزرگتر از طول موج تابشی (گرد و غبار - قطرات آب در ابرها - ذرات نمک) (17 واحد)
2- بازتاب از سطح زمین (آبیدو) (6 واحد)

جذب Absorption 23 واحد

1- توسط بخار آب، ابرها، ازن و گرد و غبار (23 واحد)

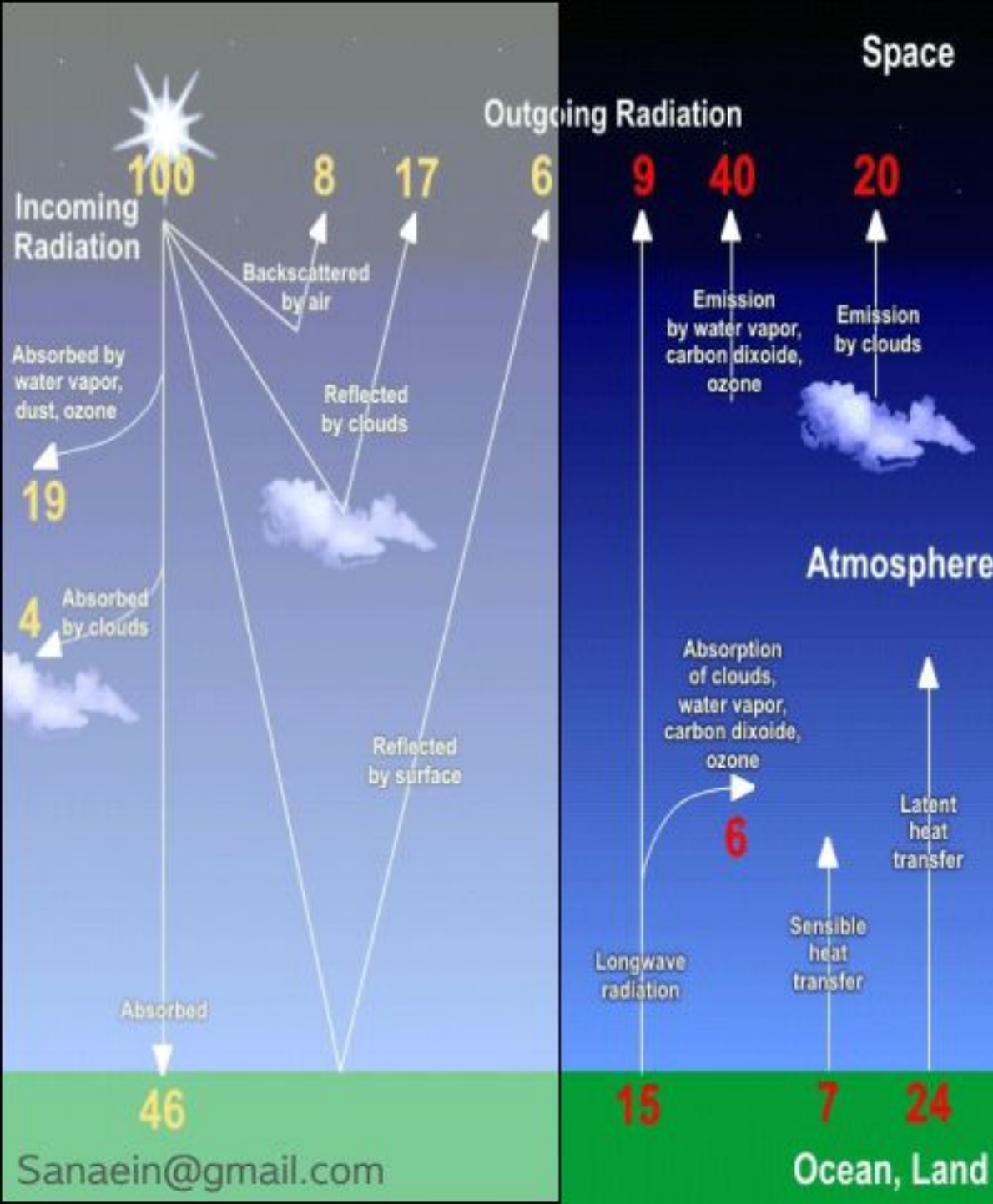
توازن انرژی در جو

انرژی تابشی از زمین و جو

سطح زمین

تابش سطح زمین در امواج بلند به جو و فضا. 6 واحد در نتیجه اثر گلخانه ای جو جذب و 9 واحد آن از طریق پنجره های نوری به فضا

مابقی انرژی سطح زمین در نتیجه ی تبخیر آب از سطح زمین (انتقال گرما از طریق گرمای نهان) و تماس مولکول های هوا با سطح زمین (گرمای محسوس) به جو منتقل می شود. مجموع انرژی دریافتی به صورت مستقیم از خورشید (23 واحد) و نیز از طریق انتقال از سطح زمین (37 واحد) را دریافت کرده و همه ی آن را در طول امواج بلند به



به طور خلاصه:

- زمین 46 واحد انرژی جذب می کند و همه آن را به صورت های انرژی تابشی ، گرمای محسوس و گرمای نهان بخار آب به جو انتقال می دهد.
- اتمسفر زمین از مجموع تابش موج کوتاه خورشیدی و تابش موج بلند زمینی در مجموع 60 واحد جذب خالص دارد و همه آن را هم در نهایت به صورت تابش موج بلند به فضا گسیل می کند.
- نقش اصلی در گرم کردن جو زمین بر عهده انتقال گرما از سطح زمین به جو می باشد تا دریافت مستقیم انرژی از خورشید.
- سیاره زمین سیستمی بزرگ است که در پیرون از اتمسفر 100 واحد انرژی از خورشید دریافت کرده و پس از گردش این انرژی در بخش های مختلف که منجر به حرکت ماشین گرمایی عظیم جو برای انتقال بخار آب به مناطق مختلف می شود تقریباً به طور

Hyperception (Sonic Dragon/Australia) , Mr.Peculiar (Sonic Dragon/Australia)

Earth Energy

Spirit of the Underground

7.21-22

滑沢キャンプ場(山梨)

Ryo (Solstice Music/Japan) , DJ Auricle (Sonic Dragon/Australia)

