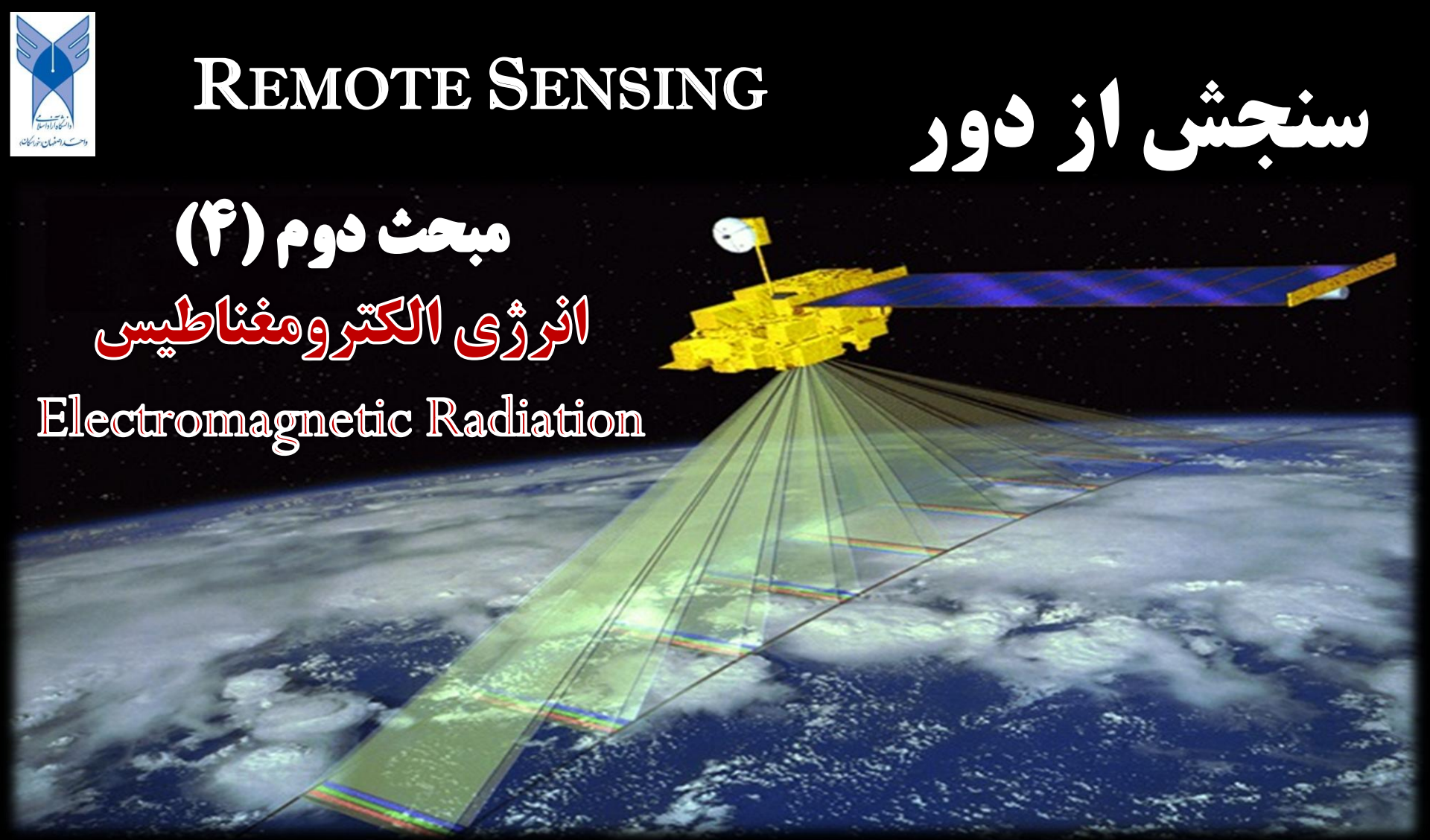
REMOTE SENSING

سنجش از دور

مبحث دوم (۴)

انرژی الکترومغناطیس

Electromagnetic Radiation



دکتر صالح عبدالهی

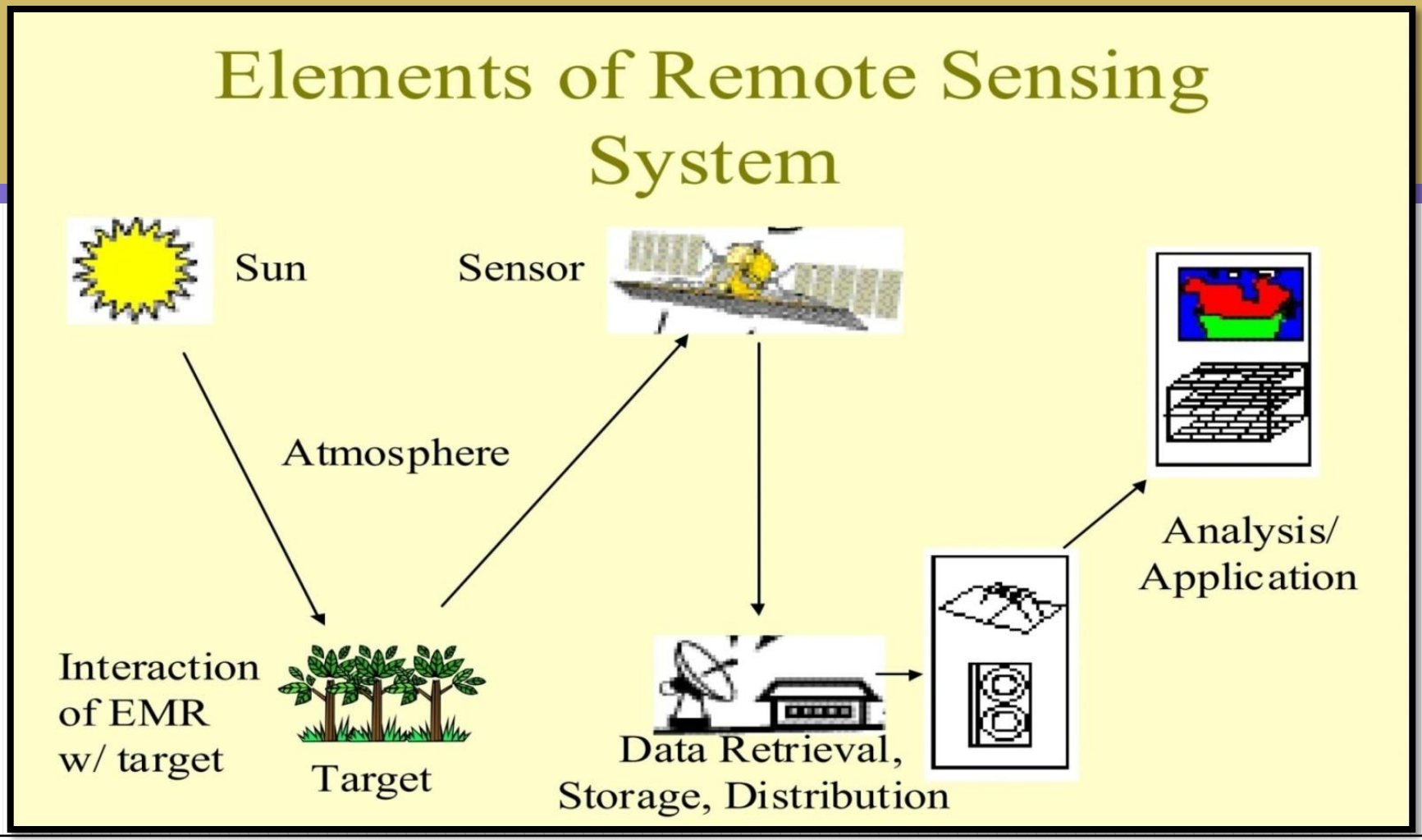
Research Gate: Saleh Abdullahi

Google Scholar: Saleh Abdullahi

دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

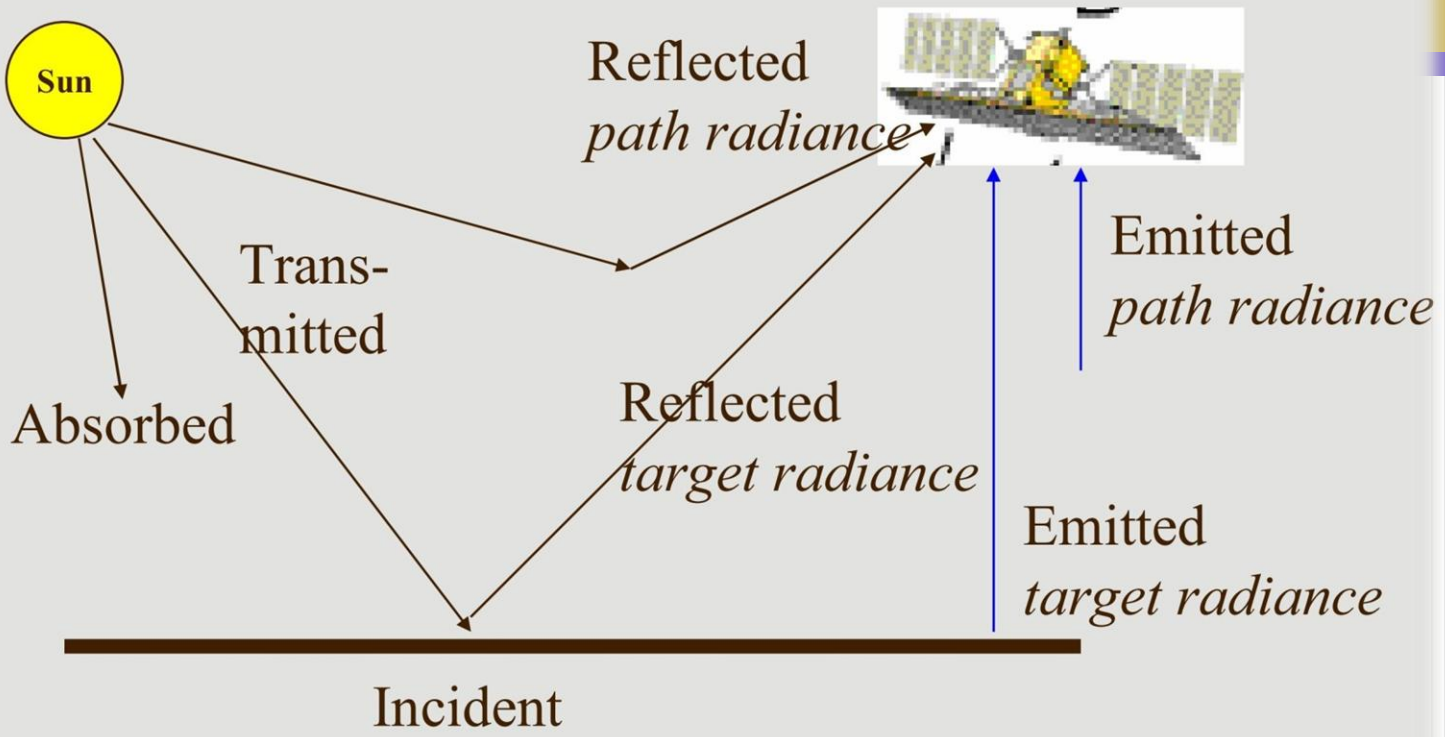
تعامل انرژی الکترومغناطیس با سیستم زمین:

1. تعامل با اتمسفر
2. تعامل با سطح اشیا و سطح زمین



تعامل با اتمسفر

Radiation Interactions with Atmosphere



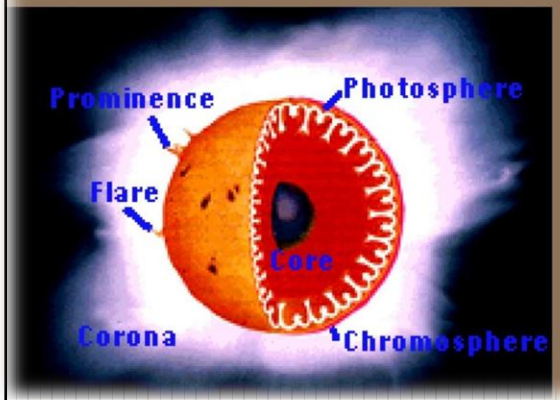
Satellite electromagnetic sensors “see” reflected and emitted radiation

❑ تعامل با اتمسفر

The Sun
Source of all EMR in earth system

- خورشید : منبع امواج الکترومغناطیس

Photosphere ~ 5800 K



Wavelength Distribution of Solar Energy

Ultraviolet	5%
Visible	50%
Infrared	40%

Atmospheric Composition

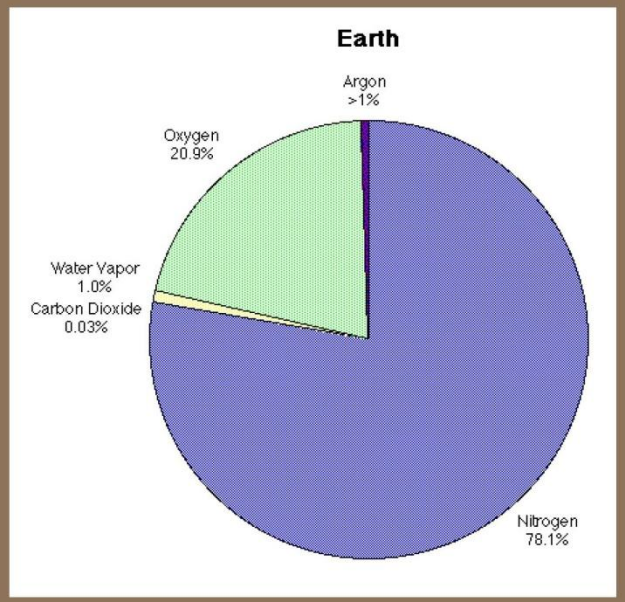


TABLE 8.1 Composition of Dry Air (Near Sea Level)

Component	Volume Percent[a]
Nitrogen (N_2)	78.084
Oxygen (O_2)	20.946
Argon (Ar)	0.934
Carbon dioxide (CO_2)	0.037
Neon (Ne)	0.001818
Helium (He)	0.000524
Methane (CH_4)	0.0002
Krypton (Kr)	0.000114
Hydrogen (H_2)	0.00005
Dinitrogen monoxide (N_2O)	0.00005
Xenon (Xe)	0.000009
Ozone (O_3)	
Sulfur dioxide (SO_2)	
Nitrogen dioxide (NO_2)	
Ammonia (NH_3)	
Carbon monoxide (CO)	
Iodine (I_2)	

[a]Recall the meaning of percent by volume of a gaseous mixture introduced in Section 6-6.

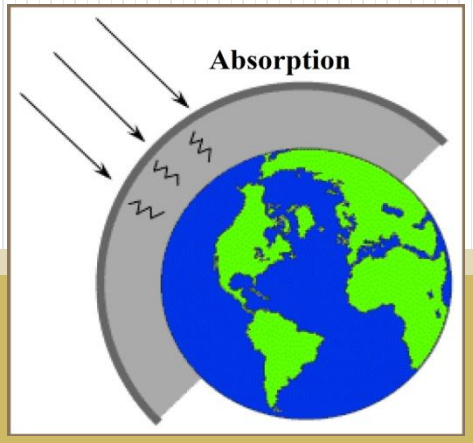
تعامل با اتمسفر

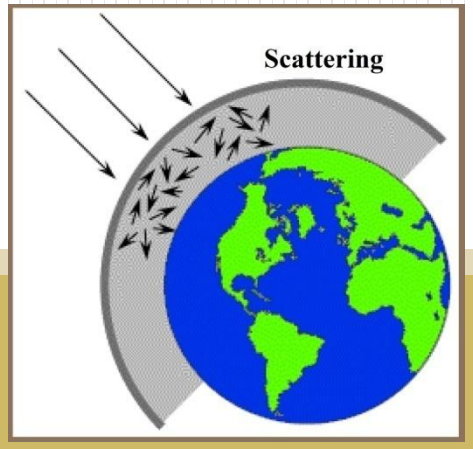
- موج الکترومغناطیس در مسیر خود از منبع به سمت اشیاء از اتمسفر می گذرد.
- این مسیر به ارتفاع و سیستم سنجش از دور بستگی دارد.
- عبور از اتمسفر تاثیر شدیدی روی شدت و ترکیبات طیفی موج می گذارد.

Atmospheric Interactions :

- All EMR detected by Earth-looking remote sensors must pass through some distance of atmosphere.
- That distance is called *path length*.
- Path length can vary significantly depending on the height and type of the sensing system.

تعامل با اتمسفر



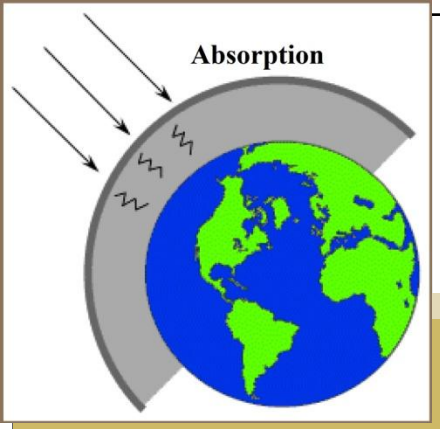


- دو اثر اتمسفری : پراکنش و جذب
- پراکنش باعث انحراف موج از مسیر اصلی
- جذب باعث تغییر انرژی درونی مولکول های اتمسفر

- به علت شدت تاثیرگذاری اتمسفر روی امواج، شناخت مکانیسم عبور امواج از اتمسفر بسیار مهم می باشد.
- چرا که روی طراحی سنجنده ها و انجام تصحیحات تصویری تاثیرگذار می باشد.

The mechanisms responsible for these atmospheric effects are *scattering* and *absorption* .

EMR not scattered or absorbed by the atmosphere is *transmitted*.



تعامل با اتمسفر

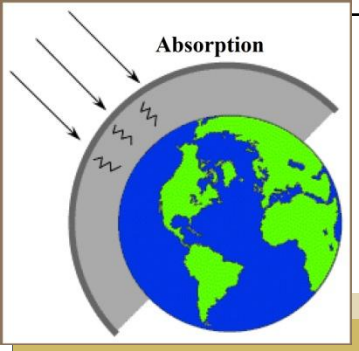
جذب اتمسفری

- الکترومغناطیس : بخشی عبور از اتمسفر و بخشی جذب اتمسفر می شود.
- مواد جذب کننده : ازن، اکسیژن، دی اکسید کربن و بخار آب و در نهایت تبدیل به گرما
- جذب انرژی در برخی بخش های طیف الکترومغناطیس زیاد و در برخی بخش ها کم می باشد.

- **پنجره های اتمسفری**: بخش هایی از طیف الکترومغناطیس که جذب اتمسفری پایین دارد.
- طراحی باندهای سنجنده ها در پنجره های اتمسفری (اجتناب از بخش ها با جذب اتمسفری بالا)

Absorption is the effective loss of energy to the atmosphere. It involves the absorption of energy at given wavelengths.

The most efficient absorbers of EMR are Ozone, Carbon Dioxide, and Water Vapor.

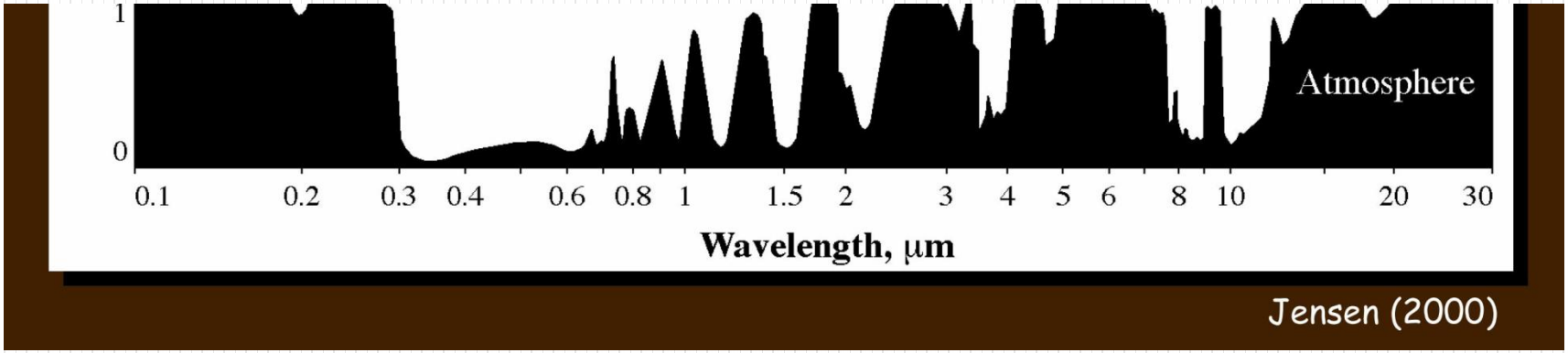


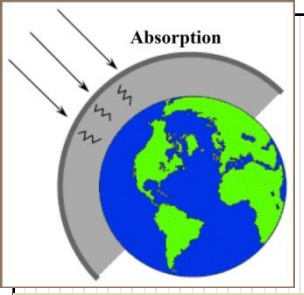
تعامل با اتمسفر

جذب اتمسفری

- **پنجره های اتمسفری:** بخش هایی از طیف الکترومغناطیس که جذب اتمسفری پایین دارد.

The wavelength regions in which the atmosphere is particularly transmissive are called *atmospheric windows*.



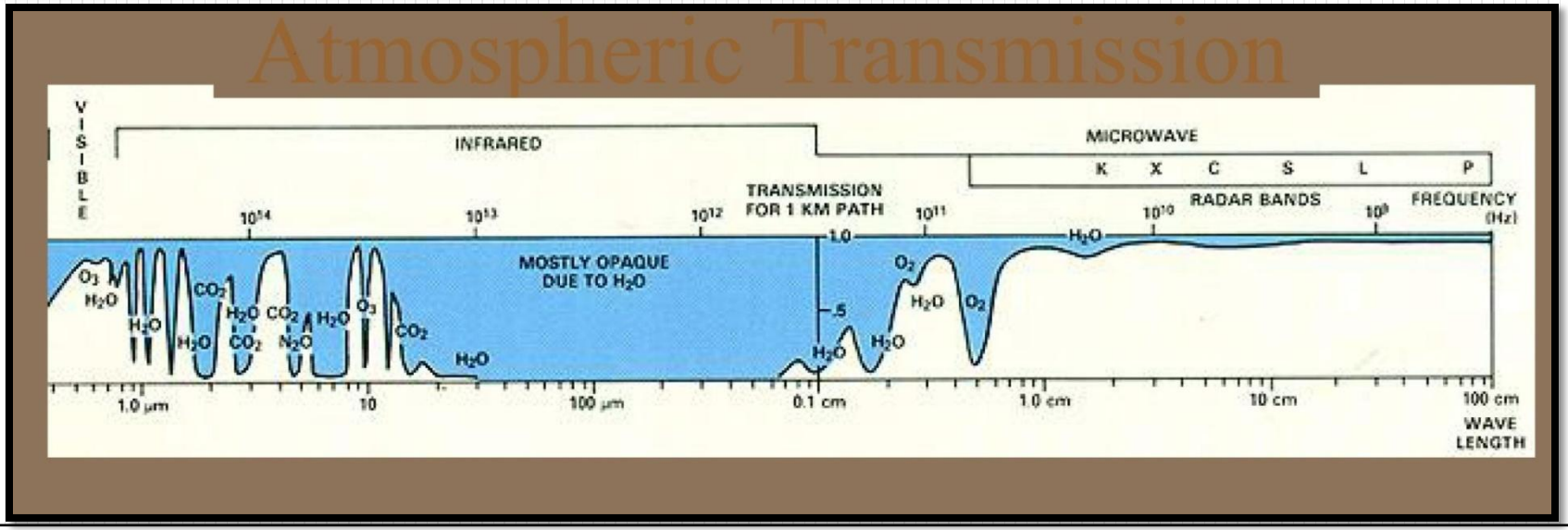


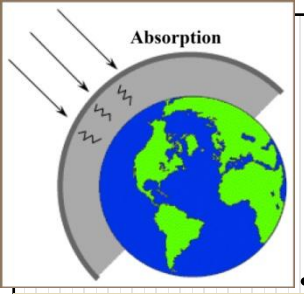
تعامل با اتمسفر

جذب اتمسفری

- **پنجره های اتمسفری:** بخش هایی از طیف الکترومغناطیس که جذب اتمسفری پایین دارد.

Portions of the EM spectrum that can pass through the atmosphere with little or no attenuation. The figure below shows areas of the spectrum that can pass through the atmosphere without attenuation (peaks) and areas that are attenuated (valleys)

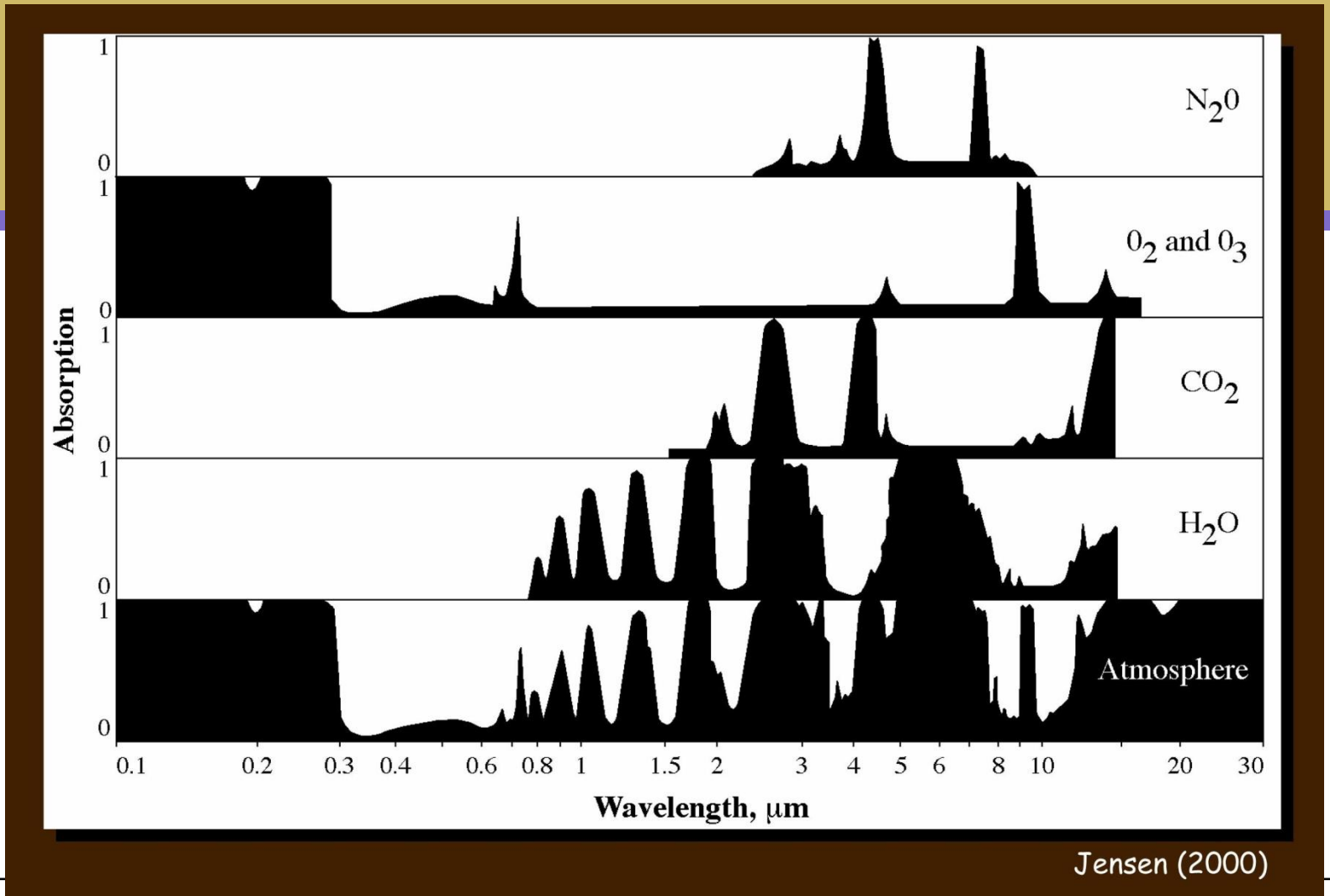


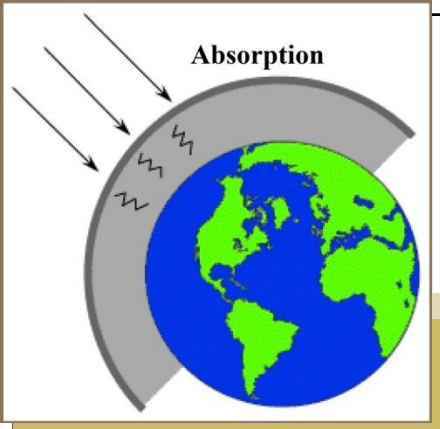


تعامل با اتمسفر

جذب اتمسفری (پنجره اتمسفری)

- **پنجره های اتمسفری:** بخش هایی از طیف الکترومغناطیس که جذب اتمسفری پایین دارد.





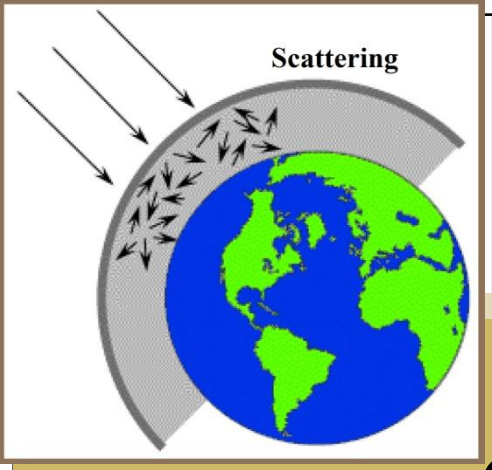
تعامل با اتمسفر

جذب اتمسفری

- جذب اتمسفر بالا در بخش فرابنفش به علت وجود لایه ازن
- در بخش مرئی، اتمسفر شفاف عملکرده و جذب پایین دارد.
- جذب ازن در ۰.۶ میکرون و جذب اکسیژن در ۰.۶۹ و ۰.۷۶ میکرون می باشد.

- مهم ترین پنجره های اتمسفری :
  - بخش مرئی و مادون قرمز انعکاسی (در ۲ تا ۰.۴ میکرون)
  - دو پنجره باریک حول طول موج های ۳ و ۵ میکرون
  - یک پنجره قابل توجه در ۸ تا ۱۴ میکرون

- *Ozone* filters UV wavelengths.
- *Carbon Dioxide* absorbs radiation in portions of the middle and far infrared regions of the spectrum.
- *Water vapor* strongly absorbs radiation in various infrared regions.



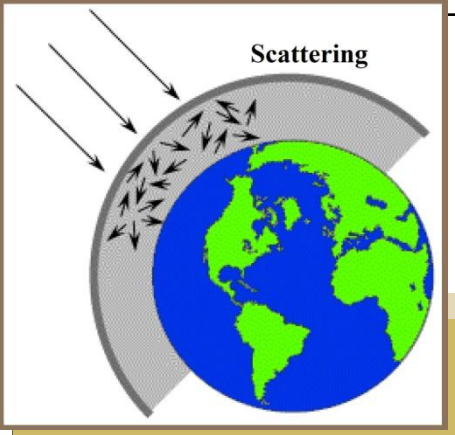
تعامل با اتمسفر

پراکنش اتمسفری

- برخورد انرژی الکترومغناطیس با مولکول ها و ذرات معلق در اتمسفر
- **پراکنش** : منحرف کننده امواج توسط ذرات معلق در اتمسفر (غیرقابل پیش بینی)
- میزان پراکنش بستگی به اندازه (سایز) ذرات معلق، فراوانی (غلظت) ذرات، طول موج و طول مسیر (فاصله از مبدا تا مقصد) در اتمسفر دارد.
- فاصله بیشتر = ذرات بیشتر = پراکنش بیشتر

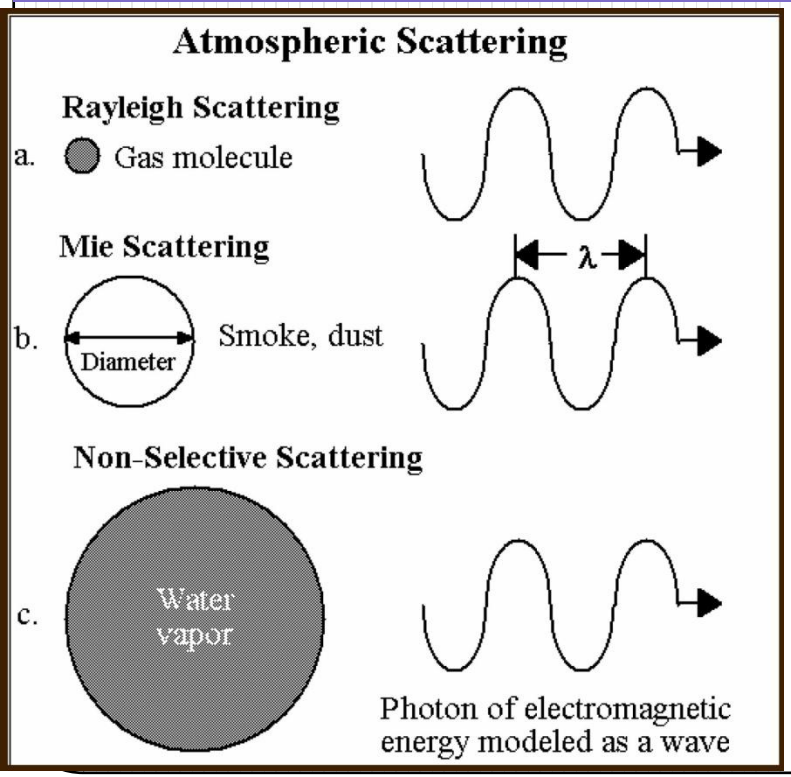
Scattering is the unpredictable redirection of EMR by particles suspended in the atmosphere.

The amount of scattering depends on particle size, particle abundance, wavelength of the EMR, and path length.

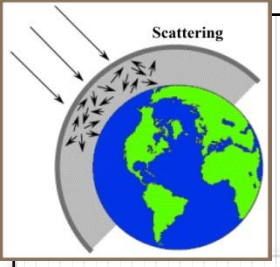


تعامل با اتمسفر (پراکنش)

- هرچه طول مسیر بیشتر، مقدار و غلظت ذرات بیشتر >> پراکنش امواج بیشتر
- بیشترین سهم پراکنش : مولکول های اکسیژن، نیتروژن، ازن، بخارات آب، گرد و غبار و دود
- پراکنش اتمسفری به دو دسته انتخابی ("ری لای" و "می") و غیر انتخابی تقسیم بندی می شوند.

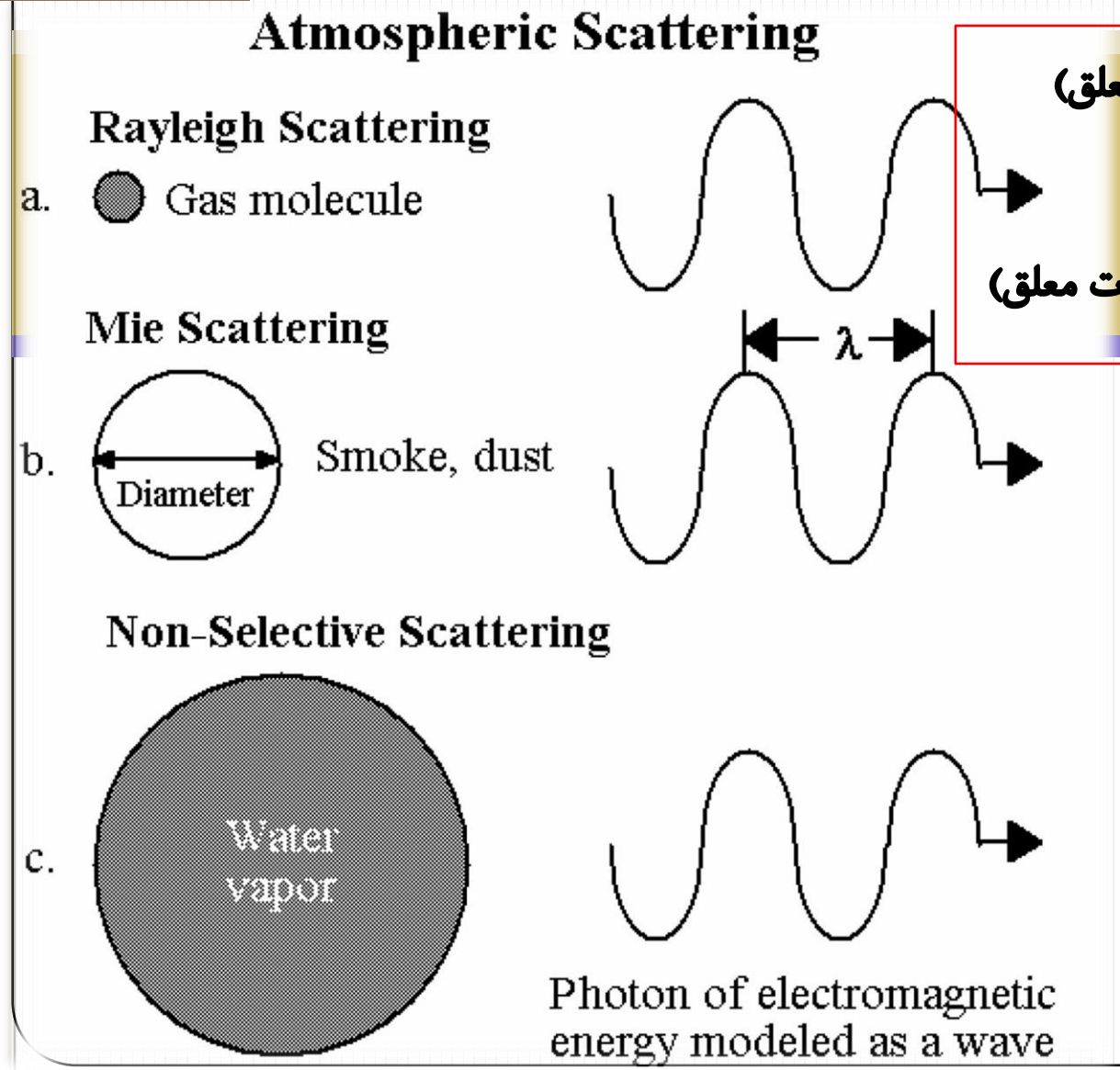


- انتخابی وابسته به طول موج و غیرانتخابی مستقل از طول موج
- تقسیم بندی جنسن :
  1. ری لای (طول موج بزرگتر از ذرات معلق)
  2. می (طول موج برابر ذرات معلق)
  3. غیرانتخابی (طول موج کوچکتر از ذرات معلق)



تعامل با اتمسفر

پراکنش اتمسفری



1. ری لای (طول موج بزرگتر از ذرات معلق)
2. می (طول موج برابر ذرات معلق)
3. غیرانتخابی (طول موج کوچکتر از ذرات معلق)

1. ری لای $\lambda > d$
2. می $\lambda = d$
3. غیرانتخابی $\lambda < d$

تعامل با اتمسفر (پراکنش)

$$\lambda > d$$

پراکنش ری لای

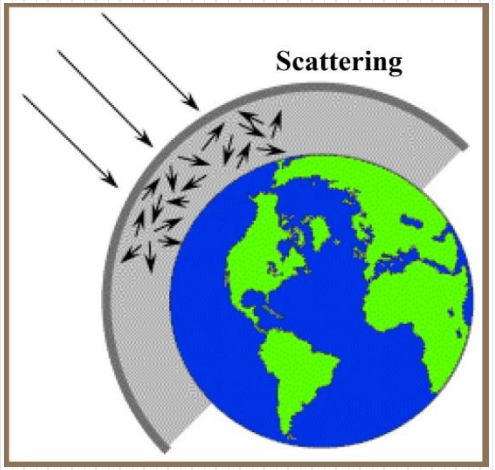
$$t \sim \frac{1}{\lambda^4}$$

- پراکنش ری لای : اندازه (قطر) ذرات معلق کوچکتر از طول موج
- اکسیژن، نیتروژن، ذرات ریز گردوغبار
- مقدار این پراکنش با توان چهارم طول موج نسبت عکس دارد.
- بنابراین: طول موج کوتاهتر >> پراکنش بیشتر

Rayleigh scattering occurs when atmospheric molecules and particles have a smaller diameter than the wavelength of the interacting EMR.

The effect of Rayleigh scatter is inversely proportional to the fourth power of wavelength.

Thus, this mechanism scatters short wavelengths much more readily than long wavelengths.



تعامل با اتمسفر (پراکنش)

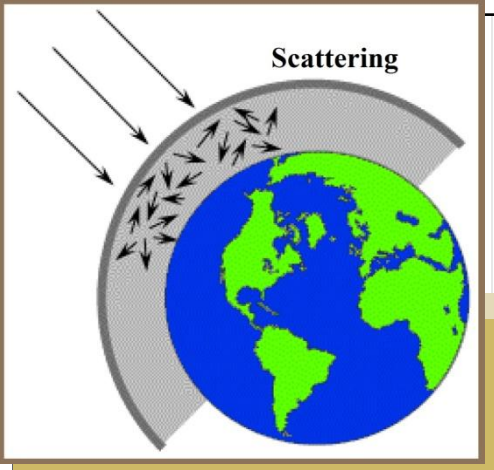
پراکنش ری لای

$$\lambda > d$$

- طول موج کوتاهتر >> پراکنش بیشتر
- بنابراین : بخش مرئی نور آبی ۰.۴ تا ۰.۵ میکرون : بیشترین پراکنش
- پراکنش ری لای : عامل پراکنش نور آبی در اتمسفر و در نتیجه آسمان آبی رنگ بنظر می رسد.
- در هنگام طلوع و غروب خورشید : فاصله خورشید بیشتر از دیگر مواقع
- بنابراین پراکنش بیشتر نور آبی
- و پراکنش کمتر نور قرمز با طول موج بلند
- بنابراین بیشترین نور دریافتی نور قرمز و نارنجی
- بنابراین آسمان قرمز و نارنجی

An obvious manifestation of Rayleigh scatter is the "blue" sky.

- As sunlight interacts with the Earth's atmosphere, it scatters shorter (violet and blue) wavelengths more dominantly than longer visible wavelengths (why is the sky not violet?).
- At sunrise and sunset, path length is greater, resulting in more scatter (and subsequent absorption) of short wavelengths. The scatter and absorption are so complete we only see less-scattered, longer wavelength visible energy (orange and red).



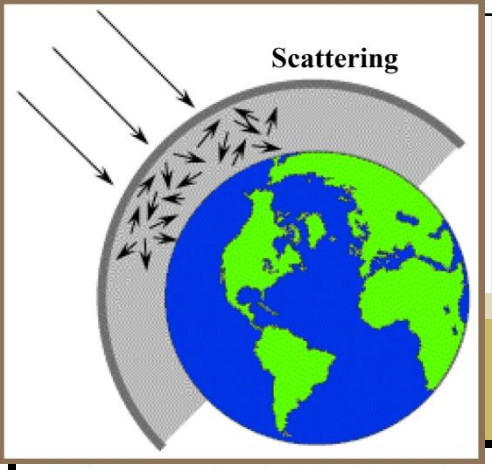
تعامل با اتمسفر (پراکنش)

پراکنش ری لای

$$\lambda > d$$

- پراکنش ری لای : عامل تیرگی و کدر شدن تصاویر
- استفاده از فیلتر هایی روی دوربین جهت جلوگیری از عبور دادن طول موج های کوتاه

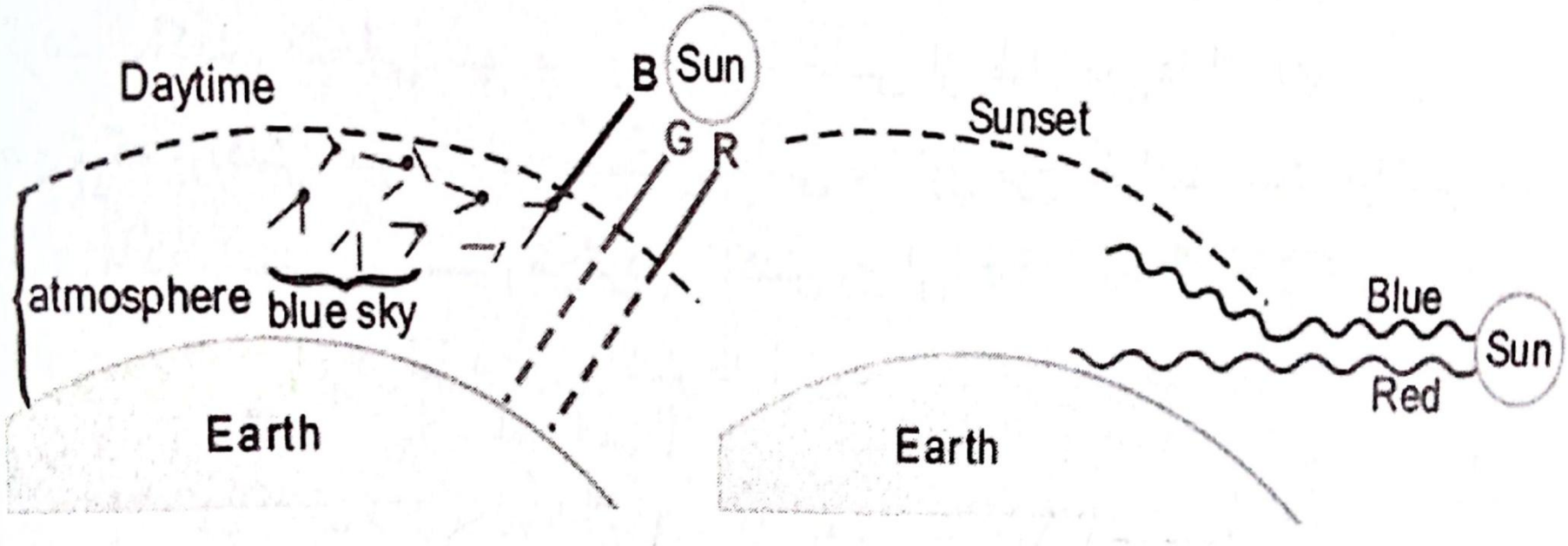
اثر پراکنش ری لی، طول موجهای کوتاهتر بیشتر دچار پراکندگی می شوند



تعامل با اتمسفر (پراکنش)

$$\lambda > d$$

پراکنش ری لای



رنگ قرمز غروب و رنگ آبی آسمان بیشتر در اثر پراکنش ری لی به‌وجود می‌آید

تعامل با اتمسفر (پراکنش)

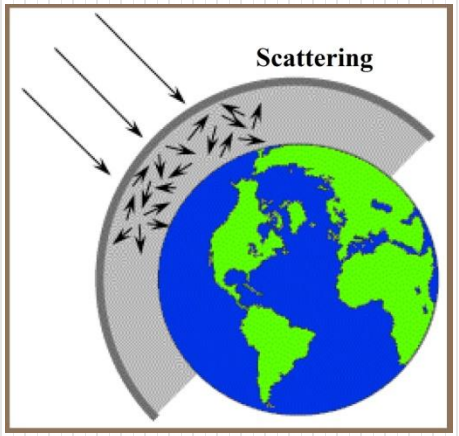
$$\lambda = d$$

پراکنش می

- بر اثر ذراتی در اندازه های ۰.۱ تا ۱۰ میکرون
- تقریبا مساوی با طول موج الکترومغناطیس (انواع مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی)
- عموما توسط بخار آب و گرد و غبار

- رابطه عکس این پراکنش با طول موج ؛ ولی شدت آن کمتر از شدت پراکنش ری لای
- بنابراین در طول موج بلندتر ، اثر بیشتری نسبت به پراکنش ری لای
- طول موج بلندتر پراکنش بیشتر

- *Mie scattering* occurs when atmospheric particles that have a diameter essentially equal to the wavelength of the interacting EMR.
- Caused primarily by water vapor and dust.
- This mechanism is wavelength dependent, but not in the simple manner of Rayleigh scatter (however, in general, longer wavelengths are more strongly scattered)



تعامل با اتمسفر (پراکنش)

$$\lambda < d$$

پراکنش غیر انتخابی

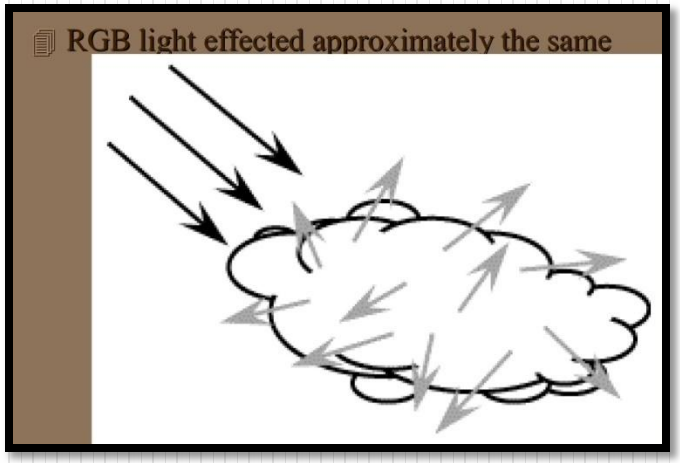
- بر اثر ذرات بزرگتر از طول موج (بزرگتر از ۱۰ میکرون) : قطرات آب و ذرات بزرگ غبار
- بنابراین موج با هر طولی در اثر برخورد دچار پراکنش می شود
- بنابراین پراکنش غیرانتخابی مستقل از طول موج می باشد.

- رنگ سفید ابر ها تاثیر پراکنش غیرانتخابی : قطرات درشت آب در ابرها باعث پراکنش تمامی امواج مرئی
- از ترکیب رنگ امواج ابر سفید بنظر می رسد.

Non-selective scattering occurs when radiation interacts with atmospheric particles that have a diameter much larger than the wavelength of the interacting EMR.

Water droplets and large particles of dust are the cause.

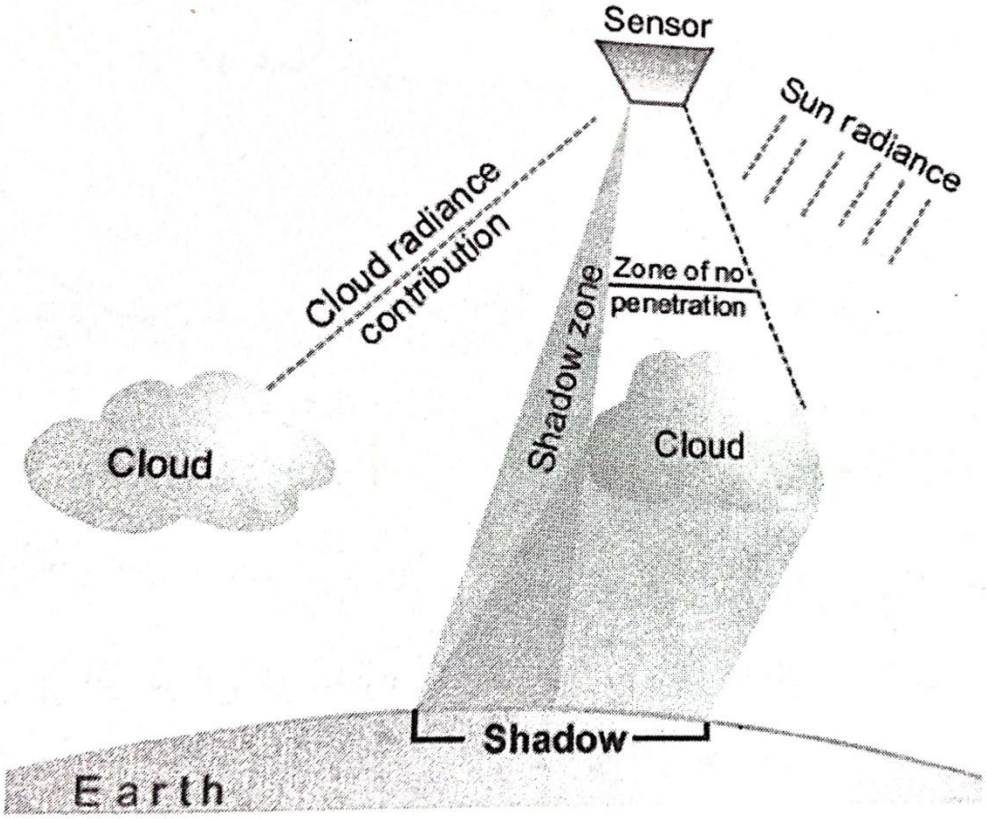
This mechanism is not wavelength dependent ... all visible wavelengths are scattered equally (this is why clouds and fog appear white!)



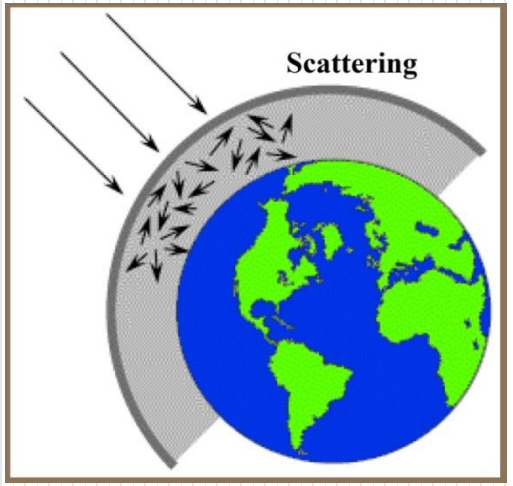
$$\lambda < d$$

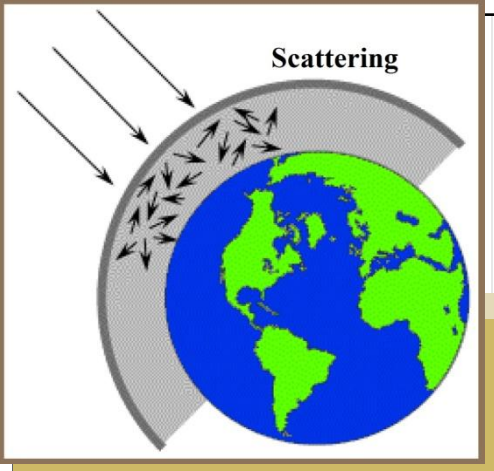
تعامل با اتمسفر (پراکنش)

پراکنش غیر انتخابی



اثر ابر بر روی انرژی الکترومغناطیس و ایجاد پراکنش





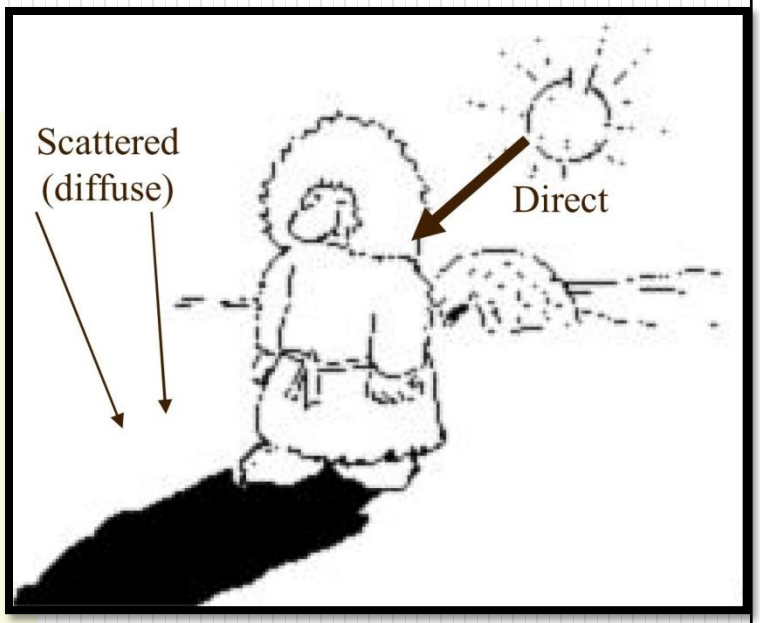
تعامل با اتمسفر (پراکنش)

پراکنش اتمسفری

- تاثیر مهم مثبت پراکنش های اتمسفری :
- پراکنده کردن الکترومغناطیس تابیده شده از خورشید به زمین

در نتیجه توانایی دیدن محیط در سایه

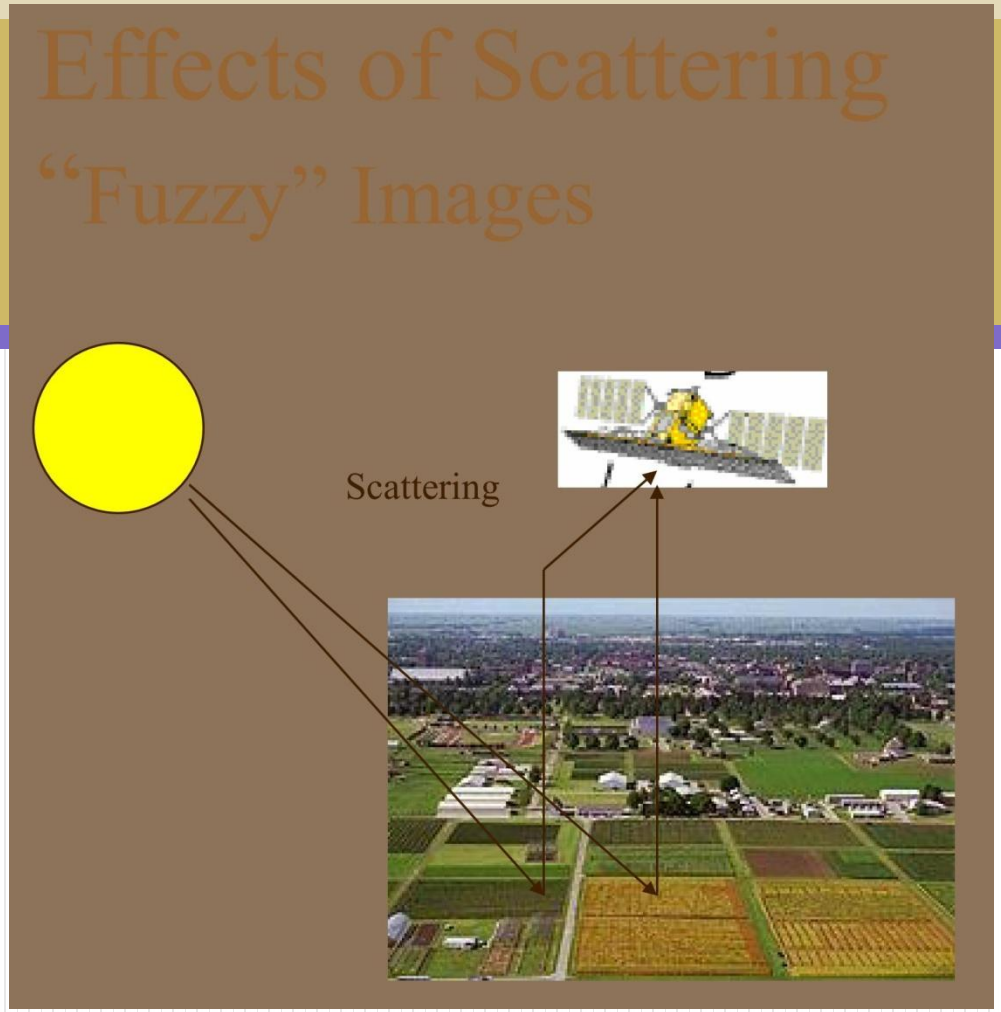
- An important result of atmospheric scattering is that it introduces *diffuse radiation* (redirected energy) into the Earth system.
- Evidence of this is the fact that we can "see" into shadows.

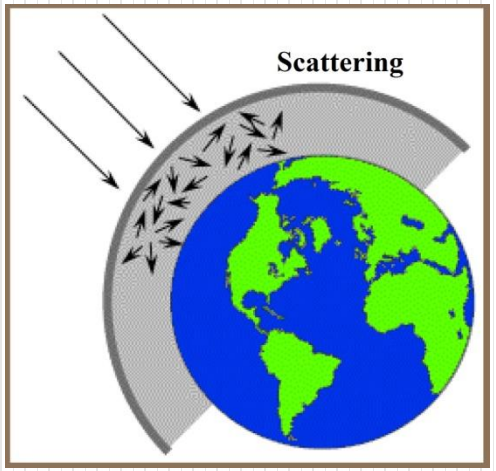


تعامل با اتمسفر (پراکنش)

پراکنش اتمسفری

- تاثیر منفی پراکنش های اتمسفری :
  - مبهم، تیره، عدم قطعیت

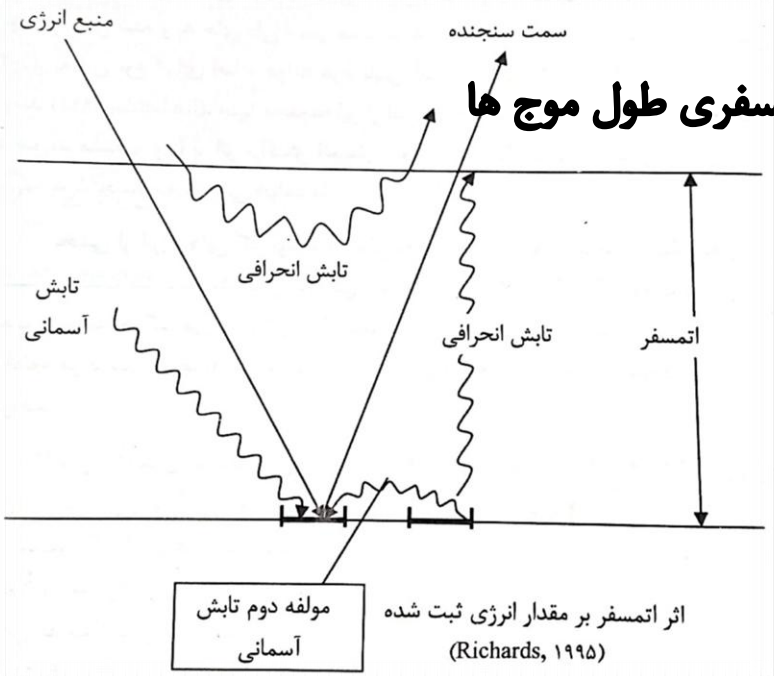


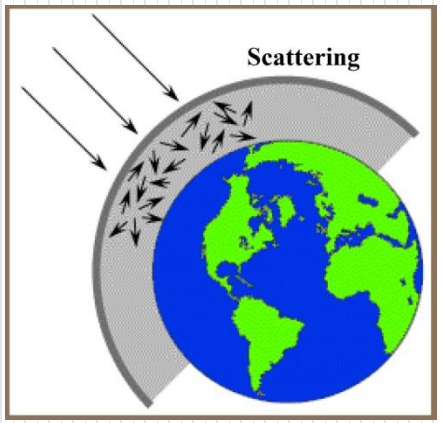


تعامل با اتمسفر

اثرات اتمسفر بر روی تصاویر

- اثرات اتمسفر بر تصاویر متعددند.
- در غیاب اتمسفر انرژی ثبت شده برای یک جزء تصویر : تابعی از مقدار انرژی تابیده شده به جسم و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی موثر بر مقدار انعکاس انرژی
- اما حضور اتمسفر : باعث پیچیده گی این سیستم
- همانطور که اشاره شد : در طراحی سنجنده، توجه به جذب اتمسفری طول موج ها
- بنابراین : پراکنش اتمسفری مهم ترین تاثیر روی تصاویر

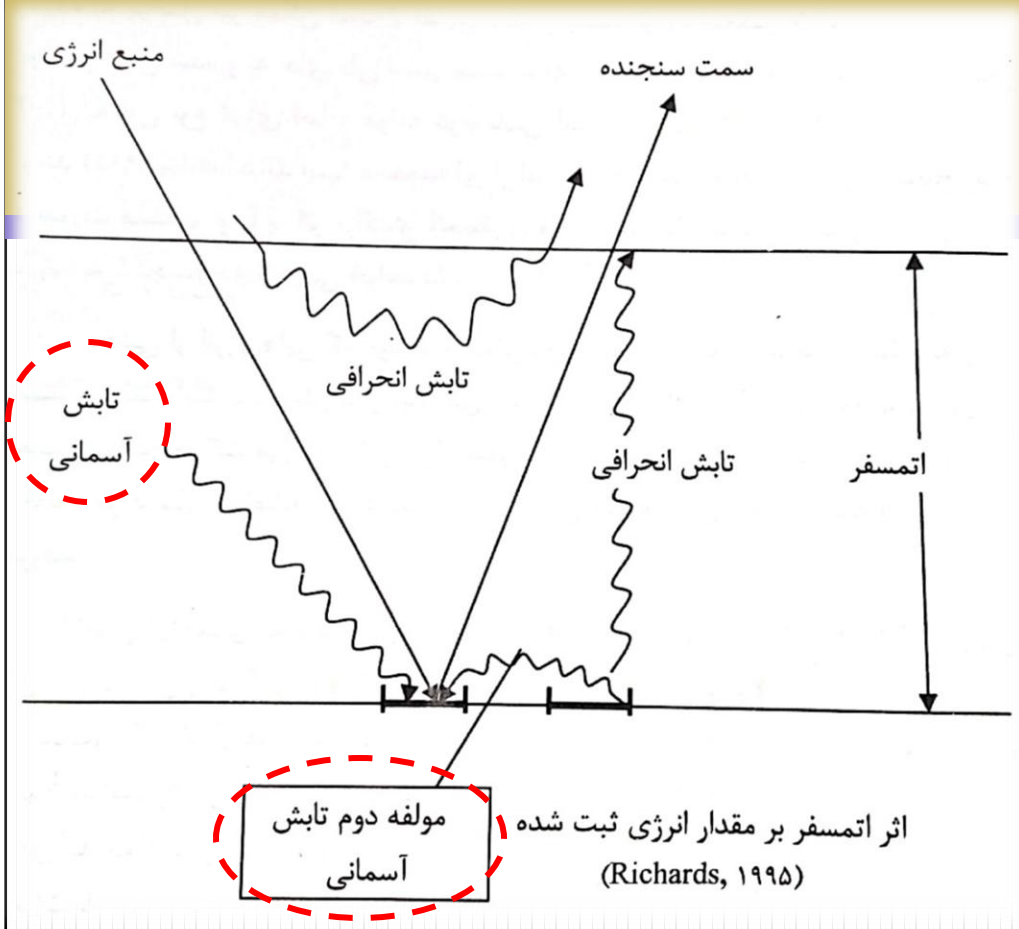




تعامل با اتمسفر

اثرات اتمسفر بر روی تصاویر

- مجموعه از انرژی هایی که به قطعه ای بر سطح زمین بصورت مستقیم و یا براثر پراکنش اتمسفری می رسند:



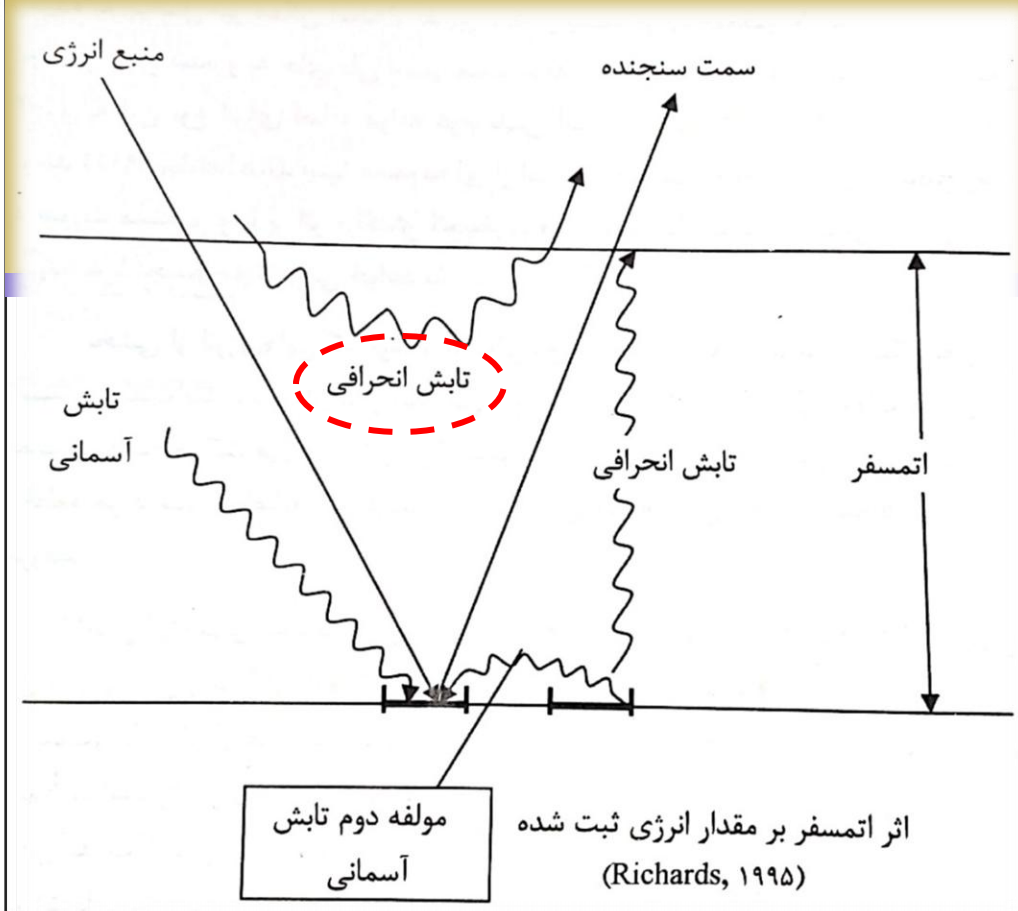
1. پراکنش انرژی باعث می شود : یک قطعه زمین به غیر از موج هایی که مستقیم به سمت آن تابیده می شوند، بخشی از امواج حاصل از پراکنش نیز به آن برسند (تابش آسمانی – Sky Irradiance).
2. همچنین : انرژی منعکس شده از قطعات مجاور دچار پراکنش شده و به جای طی مسیر مستقیم به پیکسل مورد نظر ما برخورد نماید (مولفه دوم تابش آسمانی – Sky Irradiance Component 2).

تعامل با اتمسفر

اثرات اتمسفر بر روی تصاویر

- تاثیر اتمسفر بر روی انرژی رسیده به سنجنده :

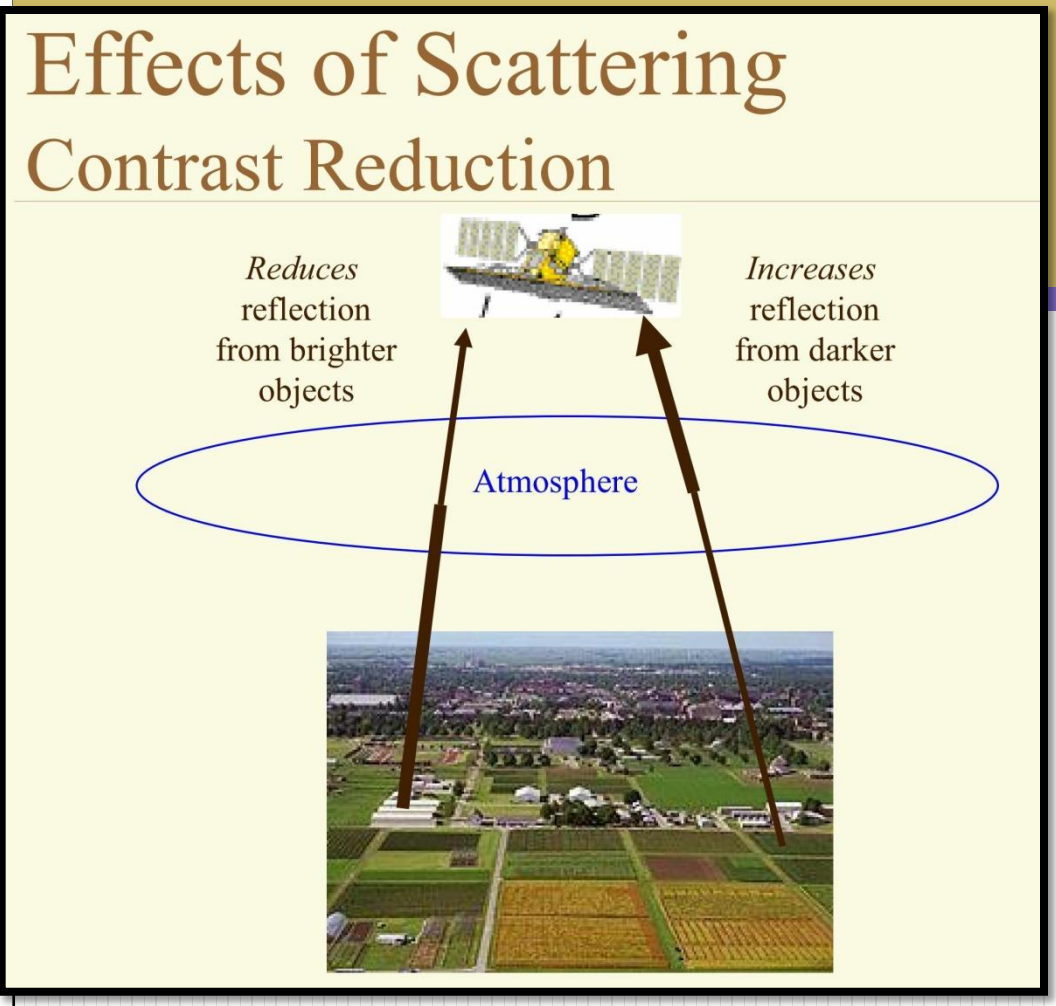
1. بخشی از انرژی هایی که توسط اتسمفر دچار پراکنش شده اند، بدون اینکه به زمین برسند به سمت سنجنده هدایت و ثبت می شوند.
2. بخشی از امواجی که از قطعات همسایه به سمت سنجنده حرکت می کنند نیز در اتمسفر دچار پراکنش شده و به انرژی های تابیده شده از قطعه مورد نظر اضافه می گردند (تابش انحرافی – Path Radiance).



تعامل با اتمسفر

اثرات اتمسفر بر روی تصاویر

- اولین اثر بصری اتمسفر بر روی تصاویر کاهش کنتراست
- کنتراست : نسبت میان روشن ترین و تاریک ترین مناطق یک تصویر
- کاهش کنتراست تصویر باعث ضعیف شدن قدرت آشکارسازی تصویر و پنهان شدن جزییات شود.
- همچنین کاهش قدرت تمایز میان اشیاء
- بنابراین سخت تر شدن استخراج اطلاعات از تصویر



اثرات اتمسفر بر روی تصاویر

نتیجه گیری

1. بیشتر اثرات اتمسفری وابسته به طول موج می باشد.
   - بنابراین توجه به این نکته هنگام استفاده از باند های مختلف یک سنجنده
2. دومین عامل موثر بر روی اثرات اتمسفری طول مسیر امواج الکترومغناطیس تا رسیدن به سنجنده
   - بنابراین سنجنده با زاویه دید (Field of View) بزرگ دارای:
     - اثرات اتمسفری بیشتری در حاشیه تصویر و
     - اثرات اتمسفری کمتر در مرکز تصویر

   - بطور کلی اثرات اتمسفری را در صورت حاد بودن با الگوریتم های مختلفی بر روی تصویر کاهش می دهند.

پایان