

بسمه تعالی

مقاله آموزشی از مرکز مدیریت بین المللی علوم هوا- فضا

(ناسا)

موضوع : تابش خورشید و سیستم زمین

اداره کل هواشناسی استان چهار محال و بختیاری

۱۳۸۵

تابستان

سیاوش سامانی

ترجمه و تهیه :

سرفصل : ارایه تابش خورشید در رابطه با فیزیک زمین و علوم فضایی

مقدمه :

هر کسی می داند انرژی خورشیدی که به زمین می رسد سیستم فیزیکی و بیولوژیکی زمین را به حرکت در می آورد. با انجام اندازه گیری ها , آزمایشات و محاسبات روی تابش خورشید دانشجویان قادرند اندیشه های یکسان و کامل تری از چرخش فیزیکی سیستم زمین را بدست آورند. بامطالعه جزئیات درخشندگی خورشید که به زمین و فضا می رسد موجب درک بهتر دانشجویان فیزیک از موضوعات زیر می شود.

- تابش خورشید

- طیف الکترو مغناطیسی

- مفاهیم کاربرد ریاضی در رابطه با محاسبات تابش خورشید

- تغییرات آب و هوایی در رابطه با عرض جغرافیایی

- تغییرات فصلی آب و هوا

- تبادل انرژی کره ای

- تغییرات روزانه تابش خورشید

- تغییرات درخشندگی ناشی از حرکات خورشید

- اثرات تغییرات درخشندگی خورشید روی سیستم زمین

این مقاله کوتاه آموزشی به عنوان یک منبع و مرجع اطلاعاتی در مطالعات تابش خورشید بوده تا دانشجویانی که در این زمینه به تحقیق می پردازند مورد استفاده قرار دهند ، لینک های پژوهش های دانشجویی در آخر این مقاله قابل دسترسی است. قبل از شروع جزئیات پژوهش در باره ی تابش خورشید می بایست سه موضوع اساسی مورد تفهیم قرار گیرد.

- تابندگی - عبارت است از مقدار انرژی امواج الکترو مغناطیسی رسیده به واحد سطح در واحد زمان که در گذشته از آن بعنوان شار (flux) نام برده می شد.

هنگام اندازه گیری تابندگی (بوسیله ماهواره) دانشمندان انرژی امواج الکترو مغناطیسی را در روی یک سطح قائم به راستای تابش ورودی در خارج از جو زمین (نه در روی سطح خورشید) اندازه می گیرند.

- **ثابت خورشیدی** در مطالعات انجام شده در تعادل تابشی کره ای و مدل های اقلیم بسیار مهم و با ارزش است . مشکلی که دانشمندان هنگام مطالعه ی بودجه ی تابشی اقلیم و زمین با آن روبرو می شوند ، این در حالیست که ماهواره ها قادرند بدرستی تابندگی خورشید و ثابت **خورشیدی** را محاسبه نمایند ولیکن تعیین دقیق سطح دریافت کننده تابش بسیار دشوار است . موقعی که ثابت خورشیدی اندازه گیری می شد چهار مشکل عمده وجود داشت که سعی میکنیم اثر آن ها را در شدت تابش دریافت شده در سطح دریافتی و یا در سطح زمین بیان کنیم .

- اول اینکه محاسبات در خارج از جو انجام گرفته و نه در سطح زمین

- دوم اینکه فرض شده که سطح دریافت کننده تابش عمود بر راستای پرتو های تابش است.

- فرض سوم در محاسبات این بود که سطح دریافت کننده تابش در حد متوسط فاصله زمین و خورشید قرار دارد

- فرض چهارم محاسبات این است که میزان انتشار تابش خورشید مقداری ثابت است.

تلاشی که برای انجام محاسبات در خارج از جو صورت گرفت یک مشکل اساسی بود زیرا که پوشش ابر و ذرات جو از ۷۰ درصد تابش ورودی را مانع می شد. در تلاشی که دانشمندان برای تهیه یک مدل بودجه انرژی کره ای انجام میداند می بایست تخمین هایی را برای محاسبه انرژی واقعی دریافت شده در سطح اعمال می کردند.

بعلاوه عمود بودن سطح دریافت کننده تابش بر پرتوهای تابشی بندرت رخ میدهد و این خود یک مسئله است زیرا که این وضعیت حتی در عرض های جغرافیایی حاره ای به علت چرخش زمین و تمایل محور زمین نسبت به پرتو های خورشیدی و تغییرات تابش در فصول و عرض جغرافیایی مرتبط است. همه ی این فاکتور ها زاویه سطح دریافت کننده تابش را تغییر میدهند که در نهایت موجب تغییر انرژی رسیده به سطح می شوند.

ثابت در نظر گرفتن تابش منتشره از خورشید نیز خود یک مسئله است . زیرا که مقادیر تابش خورشید با دوره های مختلف فعالیت خورشید دچار نوسان میشود. ماهواره های ناسا تابش ورودی را اندازه گیری کرده اند و میزان تغییرات تابندگی خورشید را از سال ۱۹۷۸ ثبت کرده اند. این داده ها در اینترنت در سایت Goddard Space Flight Center قابل دسترسی است.

طیف الکترو مغناطیس تابش خورشید :

امواج الکترومغناطیس شامل آن دسته از فرکانس ها و امواجی است که قادرند در میدان های مغناطیسی که در نتیجه میدان الکتریکی ایجاد می شوند حرکت کنند. طیف الکترو مغناطیسی از فرکانس ها و امواج با سطوح مختلف انرژی تشکیل شده اند. ماکزیمم طول موج تابشی از یک جسم با دمای آن جسم مرتبط است. که در صورت اندازه گیری دمای جسمی میتوان از قانون جابجایی واین استفاده نمود.(در نجوم این اجسام جامد سیارات و ستارگان هستند).

$$\lambda_{\max} = 2897/T \quad \text{قانون جابجایی واین :}$$

$$L_{\max} = \text{ماکزیمم طول موج انرژی بر حسب میکرومتر}$$

$$T = \text{دمای جسم تابنده انرژی بر حسب کلوین}$$

این فرمول نشان میدهد که ماکزیمم طول موج تابشی با عکس دمای جسم تابنده انرژی متناسب است. تابندگی یا تابش خروجی اجسام را می توان با قانون استفان بولتزمن در صورتیکه دمای جسم تابنده مشخص باشد ، محاسبه نمود.

$$E = \epsilon Q T^4$$

قانون استفان بولتزمن

$$E = \text{تابندگی سطح اجسام}$$

$$\epsilon = \text{تابش نسبی اجسام}$$

$$Q = \text{ظریب ثابت استفان بولتزمن (} 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4 \text{)}$$

$$T = \text{دمای اجسام بر حسب کلونین}$$

. تابش نسبی : توانایی سطح اجسام در چگونگی بازتاب و جذب و انتشار انرژی را گویند . که دامنه ی آن بین ۰ تا 1 می باشد . که برای بسیاری از اجسام سیاه مانند زغال نزدیک به عدد ۱ است . و برای اجسام صیقلی و براق تابش نسبی نزدیک ۰ است. قانون جابجایی واین و استفان بولتزمن فقط برای اجسام سیاه کاربرد دارد. اجسام سیاه قادرند تمام طول موج های تابشی را جذب و منتشر نمایند. به همین دلیل خورشید و زمین نمی توانند کاملا یک جسم سیاه باشند . استفاده از این قوانین تنها تقریبی از این مقادیر را بدست می دهد. از آنجایی که خورشید یک جسم سیاه واقعی نیست مطالعه بر روی زمان سیکل های خورشید از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بیشترین تغییرات تابش خورشید در زمان سیکل های خورشید روی ابرتوهای UV و پرتوهای X که بخشی از طیف خورشید می باشند رخ می دهد ، بسیاراهمیت دارد . برای مقایسه تابندگی خورشید با تابندگی جسم سیاه به آدرس اینترنتی زیر مراجعه کنید.

Solar spectrum/black body graph)

http://bigmac.civil.mtu.edu/public_html/classes/ce459/lectures/lecture3.html

نویسنده : Greg Stickler

Goddard Scientist: Lee Kyle lkyle@eosdata.gsfc.nasa.gov

ورود تابش خورشید به سیستم زمین:

برای مطالعه ی اثرات تابش خورشید روی سیستم زمین ضروری است که مقدار انرژی رسیده به جو و سطح زمین را تعیین کنیم. گفتیم که تابندگی سطح خورشید را می توان از روی مقدار انرژی دریافت شده در قله ی خارجی جو زمین با استفاده از قانون عکس مجذور فاصله محاسبه نمود. میانگین میزان انرژی دریافت شده در روی واحد سطح عمود بر پرتو های ورودی در قله ی خارجی جو را **ثابت خورشیدی** گویند.

(توجه به این محاسبات میتواند دانشجویان را به درک بهتر قانون عکس مجذور فاصله و تفهیم اندازه گیری های مقادیر میانگین سالانه ماهواره های ناسا هدایت کند.)

تابش موثر خورشید در قله ی خارجی جو زمین:

قانون عکس مجذور فاصله در کاهش تابش ورودی که بدلیل افزایش فاصله از منبع تابش رخ می دهد , مورد استفاده قرار می گیرد.

Inverse Square Law: $I = E(4^\pi XR^2)/(4^\pi Xr^2)$

I = تابندگی سطح در خارج از جو

E = تابندگی سطح جسم (خورشید)

$4^\pi XR^2$ = مساحت سطح جسم

$4^\pi Xr^2$ = مساحت سطح در خارج از جو

برای محاسبه ی ثابت خورشید از معادله ی زیر استفاده شده است.

$$SO = E(SUN)X\{R(SUN)/r\}^2$$

$$SO = \text{ثابت خورشید}$$

$$E = \text{تابندگی سطح خورشید}$$

$$R = 6.96 \times 10^5 \text{ km} \text{ شعاع خورشید}$$

$$r = 1.5 \times 10^8 \text{ km} \text{ متوسط فاصله زمین و خورشید}$$

$$I = S \cos Z \text{ تابش موثر در روی سطح} \quad \underline{\text{آفتاب گیری:}}$$

$$I = \text{آفتاب گیری}$$

آفتابگیری سطح در هوای صاف عمود بر پرتو های ورودی $S \approx 1000 \text{ w/m}^2$ در واقع این مقادیر با تغییرات جوی دچار تغییرات بزرگی می شوند.

$Z =$ زاویه سمت الراس (زاویه سمت الراس زاویه ی بین نقطه ی بالای سر با موقعیت خورشید در آسمان) زاویه ی سمت الراس با عرض جغرافیایی و زاویه میل خورشید و طول روز مرتبط است.

$$Z = \cos^{-1}(\sin \varphi \sin \sigma + \cos \varphi \cos \sigma \cos H)$$

$$\varphi = \text{عرض جغرافیایی}$$

$$H = \text{زاویه ساعتی} = (\text{زاویه تابش در طول روز}) - 12 \times 15^\circ$$

Time = از روی زمان خورشید بر اساس ساعات روزانه از نیمه شب تعیین میشود.

$\sigma =$ زاویه میل خورشید

زاویه میل خورشید در نیمکره شمالی

اعتدال بهاری مارس. $21.22\sigma = 0^\circ$

انقلاب تابستانی ژوئن. $21.22\sigma = +23.5^\circ$

اعتدال پاییزی سپتامبر. $21.22\sigma = 0^\circ$

انقلاب زمستانی دسامبر. $21.22\sigma = -23.5^\circ$

تشریح عکس مجذور فاصله

درخشندگی خورشید از سیاره ی مریخ در مقایسه با زمین چقدر است؟ درخشندگی خورشید در سیاره نپتون چقدر تضعیف می شود؟ قدرت کشش جاذبه ی خورشید بر روی فضا پیمای ویجر ۱ در موقعیکه روی مشتری باشد، چقدر است؟ کشش جاذبه ای خورشید روی نزدیکترین ستاره چقدر است؟

در واقع توانسته ایم به همه ی این سوالات توسط روابط ریاضی شناخته شده و قانون عکس مجذور فاصله پاسخ دهیم. در این روش با انجام تقسیم ساده مسائل کاربردی موقعیت های گوناگون و جالبی از دیگر پدیده ها و تاثیر سیارات روی یکدیگر را که بوسیله ی سفر های مخاطره آمیز فضا پیمای ها به عمق فضا انجام گرفته، محاسبه کرده ایم. در تعمیم کلی روابط، نحوه ی استفاده از معادله بگونه ای است که فاصله ی دو شیء را با شیء سوم مقایسه می کنند. بطور مثال یکی از آن اجسام زمین است، دومی فضا پیماست و سومی خورشید است.

در هر لحظه مقدار معینی از تابش خورشید به زمین می رسد. که به دلیل تغییر آهنگ خورشید در برخی از مواقع از سال انرژی برون داد خورشید تحت فعالیت لکه های خورشید قرار گرفته که این مقدار تابش ، مقدار ثابت و مطلق نیست . اگرچه روی هم رفته خورشید بطور قابل ملاحظه ای وضعیت ثابتی دارد ، که در غیر اینصورت زندگی روی زمین غیر ممکن بود. توضیح میدهم که میزان انرژی رسیده به زمین به اندازه ی یک (۱) واحد ثابت خورشیدی است . متوسط فاصله خورشید تا زمین ۶۶ / ۸۷۰ ، ۵۹۷ ، ۱۴۹ کیلومتر است (۲۵ / ۸۰۷ ، ۹۵۵ ، ۹۲ مایل) که برای سادگی در نجوم آن را یک **واحد نجومی** می نامند. بنابراین زمین به اندازه ی یک $AU=1$ واحد نجومی از خورشید فاصله دارد. این مقادیر محاسبات ریاضی را بسیار آسان می کند رابطه را می توان به ساده ترین شکل (فاصله ی زمین تا خورشید می باشد) بیان نمود. اولین مثال از تابش d یعنی ۱ بر روی مجذور فاصله بیان نمود. که $1/d^2$ زمین به اندازه ی ۱ واحد تابش در یافت می کند: در فاصله $AU=1$ خورشید شروع می کنیم

علی رقم عواملی که بر روی درخشندگی یک ظهر آفتابی تاثیر میگذارند؛ چه میزان تابش خورشید به یک فضا پیمایی که در فاصله ای با دوبرابر زمین تا خورشید قرار گرفته است می رسد؟ ابتدا ممکن است که فکر کنید با دوبرابر شدن فاصله، میزان تابش دریافتی نصف آن باشد. فاصله ی یک فضا پیمای از خورشید می تواند بیش از ۲ واحد نجومی باشد اگرکه فضا پیمای را به شکل توپ فرض کنیم ، بنابراین فضا پیمای فقط یک چهارم تابش خورشید در فضا را دریافت $1/d^2 = 1/2^2 = 1/4 = 25\%$ می کند با توجه به رابطه $d = 2$ یعنی یک چهارم میزان تابش دریافتی در حالتی که فضا پیمای در نزدیک زمین باشد. بخاطر این است که تابش خورشید یک فضای کروی را روشن می کند . هرچه که فاصله از خورشید افزایش یابد بدیهی است که سطح کره روشنایی هم با توان دوم افزایش می یابد . با توجه به رابطه ی ارایه شده با افزایش فاصله مساحت نیز گسترده می شود .

اکنون اجازه دهید که یک مثال واقعی داشته باشیم . فاصله ی مریخ از خورشید $1/5$ واحد نجومی است بنا بر این

$$1/d^2 = 1/1.5^2 = 44\%$$

لذا میزان تابش خورشید رسیده به مریخ کمتر از نصف تابش دریافتی زمین می باشد. فاصله ی مشتری از خورشید $5/2$ واحد نجومی است در نتیجه $1/d^2 = 1/5.2^2 = 3.7\%$ و نپتون با فاصله 30 واحد نجومی (AU)

$0/1$ درصد از تابش را دریافت می کنند. روشنایی ظهر نپتون همانند سپیده دم صبحگاه و شامگاه زمین است.

10

اگر که به خورشید نزدیک می شدیم چه اتفاقی رخ خواهد می داد؟ یک برداشت عمومی این است که خورشید درخشان تر خواهد شد ولیکن قانون عکس مجذور فاصله میگوید که چه میزان درخشان تر خواهد شد. فاصله مریخ از خورشید 0.387 واحد نجومی است پس $1/0.387^2 = 1/0.15 = 666.67\%$ بنا بر این مریخ هفت بار درخشان تر از زمین است. ما قادریم با این روش هر مکانی را در جهان قیاس کنیم فاصله ی سیارات از خورشید برحسب واحد فاصله ی نجومی (AU) به شرح زیر است.

Planet	Dist. (in AUs)
Mercury	0.387
Venus	0.723
Earth	1.000
Mars	1.523
Jupiter	5.202
Saturn	9.538
Uranus	19.181
Neptune	30.057
Pluto (min.)*	29.69
Pluto (avg.)	39.44
Pluto (max.)	49.19
a Cen**	272,000

نیروی گریزازمرکزمدار پلوتون، آن را دورتر از نپتون (در جایی که در مارس ۱۹۹۹ بوده) انتقال داده است .

ستاره ی آلفا قنطروس نزدیکترین ستاره به خورشید در حدود $4/3$ سال نوری فاصله دارد .
 (۶۳,۲۴۰ AU/Light year) که به غیر از هاوایی درهیچیک از ایالات امریکا مشاهده نمی شود. ما به روش های مختلفی نور خورشید را تحلیل نمودیم . ولیکن این روش ها در واقع با دیگر روش ها یی که بطور تصادفی انتخاب نمودیم نتایج یکسانی از گرمای تابش و اشعه فرابنفش و یا اشعه ی X , میدان های مغناطیس و یا جاذبه ای را توانستیم بدست آوریم. لذا جاذبه ای را که خورشید بر روی زمین اعمال می کند را قادریم با جاذبه ی خورشید روی مریخ و پلوتون و سفینه یا ستاره ها را نیز مقایسه کنیم .

واژه ی گراویتی:

هر کدام از ما با گراویتی آشنایی داریم که یک مفهوم ساده ی آن نیروی کششی رو به پایین است . اما هر زمانی که ما درباره ی فضا صحبت می کنیم مفهوم آن نسبتاً گیج کننده می شود. مخصوصاً فضا پیما های سرنشین دار و شاتل های فضایی که در مسیر ایستگاه های فضایی تردد می کنند .

اغلب کشش جاذبه ای بطور نسبی در نظر گرفته میشود . گراویتی یکی از مهمترین موضوعات این بخش است که در باره ی آن توضیح می دهیم. پراهمیت ترین موضوع در فضا جاذبه یا نیروی کششی که بین اجرام اعمال می شود می باشد. که به جرم و فاصله بستگی دارد. هر جسمی که دارای جرم باشد ، بر روی اجرام دیگر نیروی جاذبه وارد می کند. اجرام بزرگتر نیروی جاذبه ی قوی تری را وارد می کنند . جاذبه اولین بار توسط اسحاق نیوتن بیان شد ، (ولی کاشف آن نبود) او دریافت که : چنین نیرویی باعث می شود تا سیب ها از درخت روی زمین سقوط کنند . (در یک افسانه قدیمی نیز به نیروی جاذبه اشاره شده است.) همین نیرو باعث نگه داشتن ماه در مدار زمین و سیارات در مدار خورشید است . او همچنین دریافت که با افزایش فاصله نیروی جاذبه کاهش می یابد . ولی هرگز صفر نمی شود. به عبارت دیگر هر جسم در جهان روی سایر اجرام موجود در جهان نیروی جاذبه وارد می کند. بنابراین این سوال مطرح می شود که جاذبه ی زمین روی یک فضا پیما در مدار زمین چگونه اثر می گذارد. در واقع نیروی کشش جاذبه ای زمین روی یک سفینه درست همانند نیرویی عمل می کند که شما را روی صندلی که نشسته اید ، نگه می دارد. نیروی گراویتی یک فضا نورد صفر نمی باشد ولیکن به دلیل کم بودن جرم او قادر است براحتی در هوا معلق شود . نیوتن دریافت که اثرات جاذبه روی اجرامی که جرم کمتری دارند ممکن است موجب سقوط آنها شود0 مانند سقوط سیب از روی درخت به زمین و قرار گرفتن ماه در اطراف زمین . هر گاه شما یک توپ بیسیال را در خارج از میدان جاذبه های در راستای افق پرتاب نمایید تا زمانی که نیروی خارجی بر آن اثر نکند ، تا ابد به حرکت خود ادامه خواهد داد . یکی از این نیروهای خارجی اصطکاک است. که در اثر مقاومت هوا و تاثیر سطح ایجاد می شود. از دیگر نیرو های وارده بر توپ نیروهایی است که سایر اجرام در میدانهای جاذبه ای بر توپ وارد می کنند و موجب می شوند که توپ در مسیر منحنی شکل حرکت نماید ، بنظر می رسد که سقوط میکند حتی اگر که شما با نیروی بیشتری توپ را پرتاب نمایید توپ مسیر قوسی شکل بلندتری را طی می کند . اگر که اثر مقاومت هوا و سطح احذف کنیم و توپ را

پرتاب کنیم ، قادر خواهیم بود که توپ را در مسافت بیشتری پرتاب نماییم که مسیر آن به تبعیت از سطح زمین در مسیر منحنی حرکت خواهد کرد . چرا که سطح زمین منحنی است. بر اساس این قانون راکت های موتور دار هم که خیلی با سرعت فراتر از توپ حرکت می کنند ، دقیقا در راستای انحای سطح زمین حرکت می کنند. بنابراین توپ به همین روش مسیر منحنی خود را ادامه می دهد. سرعتی که لازم است تا شاتل های فضایی در مدار زمین در ارتفاع ۳۰۰ کیلومتری (۱۸۶ مایل) بچرخند ۲۸/۲۰۰ کیلو متر در ساعت یا ۱۷,۵۰۰ مایل در ساعت می باشد . بنا براین شاتل ها و فضانوردان در فضا معلق هستند ولیکن هنوز تحت کشش جاذبه ی زمین قرار دارند . اگر که به هر دلیلی جاذبه ی زمین از بین برود ماهواره ها در مسیری مماس به مدار حرکتی در مسیر مستقیم در فضا حرکت خواهند نمود. اینکه جاذبه ی زمین در ارتفاع ۳۰۰ کیلومتری تا چه میزان ضعیف می شود را قادریم با یک معادله ساده ی ضرب و تقسیم محاسبه نماییم که:

$$Gr = R^2 / r^2 \cdot g \quad R = \text{شعاع جسم بزرگ} \quad r = \text{فاصله ی مرکز دو جسم بزرگ و کوچک}$$

$$Gr = \text{مقدار جاذبه ی کششی جسم بزرگ بر روی جسم کوچک}$$

$$g = \text{مقدار نیروی جاذبه جسم بزرگ که در روی سطح خودش روی اجسام وارد می کند.}$$

این مقادیر برای زمین و ماهواره در ارتفاع ۳۰۰ کیلومتری عبارتند از $R=6378.2\text{km}$; $r=6378.2+300\text{km}$;

$$r = g = 1 \text{ gee}$$

این معادله را میتوان با تغییر دادن میزان R و g برای سیارات دیگر استفاده نمود. برای نمونه مشتری را در نظر میگیریم

$$R=71.398 \text{ km} , \quad g= 2.64g$$

در نتیجه خواهیم داشت: $gr = R^2/r^2 \cdot g$ که در سیاره ی مشتری

$$Gr = 0.912 G \quad \text{یا} \quad 91.2\% \text{ میدان جاذبه ی سطح زمین است.}$$

منابع داده های تابندگی

بمنظور انجام محاسبات تابندگی خورشید بر مبنای مفاهیم فیزیک دانشجویان می توانند به مجموعه ای از داده های جمع آوری

شده به روش پیرانومتری که در مسیر حرکت مدارات ماهواره ها گرد آوری

شده اند بدست آورده و داده ها را مورد ارزیابی قرار دهند.

Nimbus 7 (Earth Radiation Budget) 1978-1993

Solar Maximum Mission: Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor I (ACRIM I)

1980-1989

Earth Radiation Budget Satellite (ERBS) Solar Monitor Measurements 1984- 1996

Upper Atmosphere Research Satellite (UARS)

ACRIM II Measurements 1991-1997

[NASA](#) Data and further information related to these satellites is available through the

[.Goddard Space Flight Center Data Archive Center](#)

واژگان علمی:

Investigation #1: Irradiance and the Electromagnetic Spectrum

Electromagnetic Spectrum

Wavelength

Irradiation

[Solar Constant](#)

14

Stefan-Boltzman Law

Wien Displacement Law

Watt

Global Energy Balance Investigation #2: Calculating the Solar Consta

Inverse Square Law

Solar Constant

Aphelion

Perihelion

Investigation #3: Variations in Solar Insolation Due to Time of Day, Season, &

Latitude

Declination Angle

Zenith

Zenith Angle

Solar Constant

Solar Insolation

Hour Angle

Investigation #4: Solar Activity Cycles and Solar Irradiance

Sunspot

Solar Cycle

15 Solar Irradiance

Black body

Solar Flare

لینک های فعالیت های دانشجویان در باره ی تابش خورشید:

Investigation #1: Irradiance and the Electromagnetic Spectrum

Investigation #2: Calculating the Solar Constant

Investigation #3: Variations in Solar Insolation Due to Time of Day, Season, & Latitude

Investigation #4: Solar Activity Cycles and Solar Irradiance

نور شناخت جوی

در این بحث به بررسی ویژگی های نوری جو و پدیده های نورانی که توسط ذرات معلق در هوا و شهاب ها ایجاد میشود می پردازیم. برخی از این پدیده ها در ترابری هوایی و دریایی و زمینی اهمیت دارد و بقیه مطالب اطلاعات مفیدی در مورد فرایندهای فیزیکی جو را ارائه می دهد. شار نورانی درحین عبور از جو تضعیف میشود این رخداد وسعت دید را تحت تاثیر قرار میدهد. در این تحقیق ضمن بررسی عوامل تعیین کننده گستره ی دید اری هواشناسی فرایندهای فیزیکی که باعث به وجود آمدن برخی از پدیده های معمولی نورانی که در جو مشاهده میشود را نیز مورد بررسی قرار میدهد.

دید درهواشناسی

دید یکی از عواملی است که در گزارش های همدیدی وضع هوا تعیین و مخابره می شود. دید برآورد عملی از فاصله ای است که در آن اجسام دیده و تشخیص داده می شوند. علاوه بر این به عنوان معیار شفافیت جو نیز بکار می رود. در طول روز بیشترین فاصله ای را که از آن جسمی سیاه با ابعاد متناسب در مقابل افق دیده و تشخیص داده شود دید هواشناسی نام دارد.

در شب فرض بر این است که روشنایی به اندازه ی روشنایی روز باشد لذا دید در شب بیشترین فاصله های است که بتوان همان جسم را دید و تشخیص داد. حال این پرسش مطرح می شود که در چه فاصله ای می توان یک شی را دید با این وجود که نتوان آن را آشکار سازی کرد. این معیار مسایل روانشناختی و فیزیولوژیکی همچون هوشیاری دیده بان حالت تنظیم چشمان او آشنایی بیش با شی و از این موارد را باز می نمایند. این جنبه ها ملاحظاتی را در جهت ارزیابی عوامل موثر در دید طلب می کنند. در وضعیت هایی باز شناسی واقعی یک شی ضروری نیست و مسئله تنها این است که یک دیده بان تا چه فاصله ای را می تواند ببیند. در هواشناسی نوین به این فاصله گستره ی دیداری (هوا شناختی) گفته میشود.

انرژی نورانی

روشنایی یا انرژی نورانی انرژی تابنده ای است که بنابر توانایی انگیزش حس بینایی در چشم انسان ارزیابی می شود بنا بر این تابش الکترومغناطیسی با طول موج کمتر از حدود 0.4 میکرون (فرابنفش) و بیشتر از حدود 0.7 میکرون (فروسرخ) دارای انرژی نورانی صفر است. با استفاده از پایستگی و تعاریف تابش تعریف شار نورانی (ϕ) به عنوان انرژی نورانی که یک شی آن را در واحد زمان گسیل می دارد امکان پذیر است. به همین صورت شدت نورانی (I) عبارت است از انرژی گسیل شده بر واحد زمان بر واحد زاویه فضایی یعنی $I = dF / d\omega$ این کمیت با تابندگی یک جسم به نام درخشانی (L) متناظر است. این مقدار عبارت است از شدت

$$L = \frac{dI}{dA \cos \theta}$$

تابش مرئی بر واحد مساحتی عمود بر جهت مشخص شده خط دید یعنی

تابین روشنایی

برای تعیین دید یا گستره ی دیداری آشکار است که مشخصه های چشم انسان به همان نحوی ویژگی های جو مورد بحث قرار می گیرد. چشم انسان در برابر تابش الکترو مغناطیسی در طول موج های بین 0.4 تا 0.7 میکرون حساس است. در این گستره حساسیت به شدت به طول موج وابسته است. بنا بر این نورسبز با شدت معلوم نسبت به نور قرمز یا بنفش با همان شدت درخشان تر به نظر می رسد.

حساسیت چشم (Ψ) نسبت به طول موج λ عبارت است از نسبت شدت نور در 0.555 میکرون

(آنجا که چشم بیشینه ی حساسیت را داراست) به شدت نور در طول موج λ که همان تاثیرات روشنی را ایجاد می کند . درخشانی

تکفام چنین مشخص می شود: $B\lambda = \Psi\lambda.I\lambda$ که $I\lambda$ شدت نور تکفام بازتاب شده توسط شی است

روشنی (B) چنین به دست میآید.

$$B = \int_0^{\infty} B\lambda.D\lambda$$

یک شی فقط آنگاه قابل رویت باقی می ماند که بین آن و پیرامونش تابینی وجود داشته باشد چشم میتواند اختلاف روشنی دو جسم

را تا نقطه ای که آستانه ی تابین روشنی (C) خوانده می شود تعیین کند. این نقطه از رابطه ی زیر به دست میآید.

$$C = \frac{B - B_0}{B_0}$$

که B روشنی شی و B_0 روشنی زمینه است. روشنی زمینه در اندازه گیری های دید به عنوان معیار در نظر گرفته میشود. بدیهی

است که تعریف فوق برای تمایز دو شی با رنگ های متفاوت که روشنی یکسانی دارند کافی نیست با این وجود جهت بررسی تابین

بین اشیا و سفید کفایت می کند.

دید با مشاهده ی یک شی سیاه که در برابر زاویه ی به اندازه ی کافی بزرگی که بدان وسیله چشم آن را تحلیل می کند قرار گیرد

تعیین میشود . این زاویه دست کم باید سه ثانیه ی قوسی باشد . در گستره ی امواج کوتاه B خیلی کوچک و آستانه ی تابین

تقریباً ۱- است. ظاهراً این شی سیاه در فواصل دورتر روشنی معینی دارد زیرا نور در تمامی راستاها در خط نوری از شی سیاه به

دیده بان پراکنده می شود . سر انجام تمایز به اندازه ای ناچیز می شود که چشم انسان در گستره ی دیداری خود دیگر نمی تواند

آن را تمیز دهد. در مورد چشم معمولی آستانه ی تابین ± 0.02 را داراست.

تضعیف روشنایی

شار نورانی در ضمن گذشتن از جو در طول مسیر خود به دلایل زیر کاستی می پذیرد

الف - پراکندگی توسط مولکول های گاز و ذرات ریز

ب - بازتاب توسط ذرات مایع و جامد بزرگتر

ج - جذب توسط ذرات جامد

در هواشناسی تیرگی (TURBIDITY) شرایطی از جو را توصیف می کند که شفافیتش را به تابش به ویژه تابش مرئی تبدیل کند. این ویژگی به یک بخش بدون ابر از جو بر می گردد که کدری اش را مرهون جذب و پراکندگی تابش توسط مولکول های هوا و هواویزهای مایع و جامد و اثرات سوسو زدن است.

سوسو زدن اصطلاحی عمومی برای تغییرات سریع وضعیت ظاهری روشنی یا رنگ یک شی نورانی دور دست است که از طریق جو دیده می شود. اگر این شی در خارج جو قرار داشته باشد (مثلا ستارگان) این پدیده سوسوزدن نجومی نامیده می شود. اگر چشمه ی نورانی درون جو جایگزین باشد این تغییرات سوسوزنی زمینی نامیده می شوند. تقریباً علت تمامی اثرات سوسوزنی شکست خلاف قاعده است که در بیشتر بسته های کوچک یا لایه های هوا که دما و چگالی متفاوتی با پیرامون خود دارند. روی میدهد.

شدت نورانی یک باریکه ی موازی هنگام عبور از ضخامت dx جو به مقدار زیر کاهش می یابد.

$$dI\lambda = -I\lambda \cdot \sigma\lambda \cdot dx$$

که در آن $\sigma\lambda$ ضریب خاموشی است. مقدار ضریب خاموشی به طول موج نور و ذرات قطره ها و مولکول های موجود در جو وابسته است. می توانیم فرض کنیم

$$\sigma\lambda = \sigma_a + \sigma_s$$

شاخص پایین (a) به جذب بر می گردد در حالی که شاخص پایین (s) بر پراکندگی و باز تابش دلالت میکند یعنی نور دوباره در راستاهای مختلفی تابیده شده است. اگر ذرات جامدی درجو موجود نباشند $\sigma_\lambda = \sigma_s$ جذب حتی در یک غبار ذره - جامد همواره ناچیز است.

معادله ی $dI\lambda = -I\lambda \cdot \sigma\lambda \cdot dx$ قانون بیر است که پس از انتگرال گیری می دهد

$$I_\lambda = I_{\lambda_0} \cdot e^{-k_\lambda \sec \theta t}$$

شدت تابش دریافتی از چشمه ی نا خود روشن از دو راه تحت تاثیر قرار میگیرد .

الف - تضعیف بنا بر قانون بیر ب - افزایش از راه پراکندگی تابش از راستا های دیگر که این تابش روشنی هوا نامیده میشود. اگر فاصله شی تغییر کند در شرایطی که ضریب خاموشی ثابت است، تغییر تباین صورت نمی گیرد چرا که روشنی ظاهری شی و زمین به یک نسبت (به نسبت ضریب $e^{-\sigma_{\lambda}}$) کاهش می یابند.

همچنین با افزایش فاصله جسم مقدار تباین آستانه (C) کاهش می یابد. اگر شی و زمینه هر دو دور شوند قدر مطلق C کاهش می یابد. فاصله ای که در آن قدر مطلق C برای چشم معمولی تا ۰/۰۲ کاهش می یابد. گسترده ی دیداری است.

از آنجا که مولکول های هوا نور آبی را شدیدتر از نور قرمز پراکنده می کنند فرضیه ای که بر اساس آن σ_{λ} ضریب خاموشی مستقل از طول موج است کاملاً معتبر نیست. وقتی ذرات بزرگتر غبار و قطره های کوچک که اندازه ی آنها به اندازه ی طول موج نور است موجب پراکندگی شوند این فرض معتبر تر است. از این رو در اکثر حالات که دید کم است معمولاً گستره ی دیداری از طول موج مستقل است.

هر چند پرتو های نور در خلا به خط راست حرکت میکنند ولی در محیط های مادی همچون گاز های جو ذرات و هواویز ها مسیرشان تغییر می یابد. در بیشتر موارد این انحراف ها بر مبنای طول موج مولفه های تابش مرئی تغییر می کنند که منجر به ظهور پدیده های نوری گوناگونی همراه با آثار رنگین بسیار زیبایی در جو را موجب می شود.

در پراکندگی رالی که موجب ابی رنگ شدن آسمان می شود این پدیده زمانی رخ می دهد که شعاع ذرات پراکنده کننده در مقایسه با طول موج نور کوچک باشند بنابر این مولکول های هوا و هواویز های ریز معلق در هوا نور آبی را بیشتر از نور قرمز پراکنده می کنند.

بلور های یخ ابر های سیروس اثرات گوناگونی را پدید می آورند قسمت اعظم بلور های یخی شش وجهی و با زوایای ۱۲۰ درجه بین وجوه مجاور که بنابر این زاویه بین وجوه یک درمیان آن ۶۰ درجه است و تابش خورشید به هنگام عبور از داخل یک ابر بلور یخ شکسته میشود. این تابش با زاویه ۲۰ درجه یا بیشتر نسبت به امتداد اصلی خود به سوی چشم دیده بان منحرف می شود که شدت نور شکسته شده در کمینه زاویه انحراف (تقریباً ۲۲ درجه) بیشترین مقدار است. بنابراین تصویر خورشید به شکل حلقه ای درخشان است که هاله ی ۲۲ درجه نامیده می شود.

در واقع ضریب شکست یخ به نسبت طول موج اندکی کاهش می یابد بنا براین کمینه زاویه های انحراف برای نور قرمز ۲۱ درجه و ۳۴ دقیقه و برای نور بنفش ۲۲ درجه و ۲۲ دقیقه است بدینسان از لحاظ نظری هاله ی ۲۲ درجه باید یک حلقه ی قرمز درونی با حلقه های رنگین بیرونی دیگری باشد. عملاً رنگ های بیرونی درهم می آمیزند و اگر چه گاهگاهی رنگ های زرد و سبز در بیرون از حلقه ی قرمز مشاهده می شوند این هاله یک لبه ی خارجی سفید دارد.

هاله ی ۴۶ درجه که کمتر مشاهده میشود بر اثر شکست نور در منشور های مستطیلی پدید می آید. بلور هایی با شکل های نامتعارف نیز هاله هایی را با شعاع های مختلف تا حدود ۷ درجه ایجاد می کنند. اما این موارد بسیار نادرند. برخی از بلور های یخ بسته به شکل شان به صورت منشور های ساده با محور قائم و برخی بصورت منشور های مسطح با وجوه تخت افقی بروی غلظت نور در مناطق معینی خارج از هاله ی مربوطه تاثیر میگذارند. تصاویر اشکال گوناگون برحسب ارتفاع خورشید تشکیل می شوند که به **هورسانه ها** مشهورند.

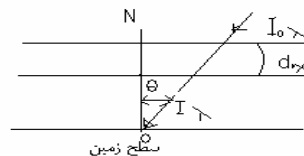
بطور مثال **سید پایه ها** در اثر بازتاب نور از وجوه تخت بلور های یخ پدید می آیند. هاله در اطراف ماه هم مشاهده می شود که در مواقعی که بلور کاملی از یخ در ابر ها تشکیل شده باشد، ایجاد می گردد. به علت تغییرات سریع ترکیب ابر عموماً هاله های خورشید و ماه به ندرت کامل یا ماندگارند. پدیده های شکست و بازتابش در ابر های حاوی بلور یخ توسط قطره های کروی کوچک ابرهای ابدار ایجاد نمی شوند. اما ممکن است که حلقه های رنگین کوچکتری مشاهده شوند که **خرمن** نام دارند. خورشید در مرکز خرمن واقع است و برخلاف رنگ هاله توالی رنگ ها همانند رنگ های رنگین کمان است که رنگ قرمز در خارج و رنگ بنفش در داخل آن نمودار می شود. خرمن ها بر اثر پراش پدید می آیند. یعنی مسیر نور در ضمن گذشتن از نزدیکی قطره های کوچک آب خم می شوند که نور قرمز بیشتر پراشیده شده و به این ترتیب در خارج مشاهده می شود زمانیکه اندازه ی قطره ها یکنواخت باشد تفکیک رنگ بخوبی انجام می گیرد و بهترین خرمن ها در ابر های نازکی که همان وقت در حال تشکیل یا در حال پراشیدن باشند روی می دهد. هنگامی که خورشید یا ماه از پشت ابر التواستراتوس می درخشد این پدیده ها بارها دیده می شوند. شعاع یک خرمن به اندازه ی عکس اندازه ی قطره تغییر می کند لذا وجود قطره هایی با ابعاد گوناگون به تشکیل وصله های رنگین نامنظم منجر می شود. وصله های ابر به احتمال زیاد باید در سایه های رنگین گوناگون صورتی و سبز دیده شود که این پدیده به **آرنگی** یا **آرنگش** مشهور است. نور خورشید درحین عبور از نزدیکی سر شما نیز پراشیده میشود اگر پشت به خورشید در محلی مرتفع بایستید پرتو های رنگین در هوای مه آلود در نزدیکی سر شما نیز ممکن است تشکیل شوند. که به آن پراشه می گویند. گاهی هنگامی که پشت به خورشید

هستیم، در اثر قطره های باران رنگین کمان را مشاهده می کنیم که رنگین کمان نخستین از را شکست نور در داخل قطره های باران با یک بازتابش درونی ایجاد می شود که شعاع این دایره زاویه ای در حدود ۴۲ درجه در برابر چشم باز می کند که رنگ قرمز در قسمت خارجی آن قرار دارد. در صورتی که در داخل قطره نور دوبار دچار بازتابش درونی شود رنگین کمان دومین که کم رنگ تر از اولی است تشکیل می شود. که ترتیب رنگ ها معکوس و شدت نور در حدود ۰/۱ شدت نور رنگین کمان نخستین است. گاهی در داخل کمان نخستین کمان های بی شماری مشاهده میشوند که اینها از راه تداخل میان پرتو های نور پدید می آیند. در نتیجه ی عبور نور از لایه های جو با چگالی های مختلف سراب تشکیل می شود ضریب شکست هوا به نسبت چگالی تغییر می کند و اغلب ممکن است در موقعیت های نامتعارف و شکل های وا پیکیده به نظر رسند. همراه با سطوح تخت گسترده موقعی که هوای مجاور زمین گرمتر از هوای بالافصل بالای آن است تصویر مجازی پایین ایجاد می شود. اگر هوای مجاور زمین خیلی سردتر از هوای بالایی باشد یعنی وراونگی مشخص وجود داشته باشد اثر عکس آن که تصویر بالاست مشاهده می شود. پدیده های متنوعی که به آن ها اشاره شد بعضی در هوای صاف و برخی در هوای بارندگی که شرایط حادث می باشد رخ می دهند.

قانون بیر:

میدانیم که پرتو های خورشید حین عبور از جو تحت تاثیر ذرات قرار میگیرند که یکی از این تاثیرات جذب تابش می باشد. که می توان با استفاده از قانون بیر مقدار انرژی جذب شده را محاسبه نمود. بنا بر قانون بیر میزان انرژی جذب شده برابر $-a_{\lambda} I_{\lambda}$ می باشد که در آن a_{λ} ضریب جذب در طول موج λ است. و خود لایه نیز به دلیل جذب قسمتی از انرژی شروع به تابندگی (I_{λ}) می کند لذا مقدار تغییرات انرژی لایه به صورت زیر مشخص خواهد شد.

$$dI_{\lambda} = -a_{\lambda} I_{\lambda} + I_{\lambda} \quad (\text{رابطه ۱})$$



طبق قانون کیرشهف خواهیم داشت : $L_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} L_{\beta\lambda}$ (رابطه ۲)

با استفاده از روابط (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$(3) \Rightarrow dI_{\lambda} = -a_{\lambda} I_{\lambda} + a_{\lambda} L_{\beta\lambda} \Rightarrow dI_{\lambda} = a_{\lambda} (L_{\beta\lambda} - I_{\lambda})$$

از انجایی که میزان کاهش انرژی به چگالی ρ جو بستگی دارد اگر که ضخامت لایه به اندازه dx را در واحد سطح در نظر بگیریم ارتباط ضریب جذب با جرم جسم را می توان به صورت زیر مشخص نمود:

$$a_{\lambda} = k_{\lambda} \rho dx \quad (\text{رابطه ۴}) \quad \text{که در آن } k_{\lambda} \text{ ضریب جذب است که به جرم جسم بستگی دارد و } \rho dx \text{ جرم جسم است.}$$

با استفاده از روابط (۳) و (۴) خواهیم داشت :

$$dm = \rho dx \quad \text{یعنی } dm = \rho dx \text{ را مسیور نوری نیز گفته می شود.} \Rightarrow dI_{\lambda} = k_{\lambda} \rho dx (L_{\beta\lambda} - I_{\lambda})$$

که همان مسیور اپتیکی است. اگر که تصویر جرم را روی راستای نرمال برابر d_u بگیریم که به آن ضخامت اپتیکی

$$\frac{d u}{d m} = \cos \theta \Rightarrow dm = \sec \theta du \quad \text{گفته می شود خواهیم داشت :}$$

$$(5) \Rightarrow dI_{\lambda} = K_{\lambda} dm (L_{\beta\lambda} - I_{\lambda})$$

و از روابط ۵ و ۶ نتیجه می گیریم که:

$$L_{\beta\lambda} = 0 \quad \text{یعنی } L_{\beta\lambda} = 0 \text{ اگر که فرض کنیم که میزان جذب بسیار ناچیز باشد یعنی } L_{\beta\lambda} = 0$$

$$\Rightarrow dI_{\lambda} = -I_{\lambda} k_{\lambda} \sec \theta du \quad \text{باشد}$$

اگر که رابطه را به I_{λ} تقسیم کنیم خواهیم داشت :

23

$$\frac{dI_\lambda}{I_\lambda} = -k_\lambda \sec\theta du \Rightarrow \ln(I_\lambda) \Big|_{I_{0\lambda}}^{I_\lambda} = -\int_0^u k_\lambda \sec\theta du$$

با فرض اینکه k_λ و $\sec\theta$ ثابت باشند :

$$\Rightarrow \ln \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}} = -K_\lambda \sec\theta u \Rightarrow I_\lambda = I_{0\lambda} e^{-k_\lambda \sec\theta u}$$

این رابطه به قانون بیر معروف است که در آن $I_{0\lambda}$ مقدار شدت تابش در بالای لایه و I_λ مقدار شدت در پایین لایه است

نسبت $\frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}} = \tau$ را تراگسیلندگی گویند. که برای سادگی آن را به صورت $\tau = e^{-k_\lambda m}$ نشان میدهند که $m = \sec\theta$ است.