



1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

ĐẶNG ĐÌNH THỐNG - LÊ DANH LIÊN

CƠ SỞ NĂNG LƯỢNG MÔI VÀ TÁI TẠO

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN
ĐẶNG ĐÌNH THỐNG, LÊ DANH LIÊN

CƠ SỞ

NĂNG LƯỢNG MỚI VÀ TÁI TẠO



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm gần đây các hoạt động nghiên cứu, ứng dụng Năng lượng mới và Tái tạo ở nước ta đã được triển khai khá mạnh mẽ và rộng khắp. Vì vậy, nhu cầu tài liệu học tập và tham khảo về lĩnh vực này trở nên ngày càng lớn. Trong lúc đó, do Năng lượng mới và Tái tạo là một ngành Khoa học Công nghệ mới, đặc biệt đối với Việt Nam, nên tài liệu rất khan hiếm và nếu có chủ yếu lại bằng tiếng nước ngoài. Từ thực tế đó, các cán bộ khoa học thuộc Trung tâm Nghiên cứu Năng lượng mới, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, là cơ quan đã có thực tế hoạt động nghiên cứu ứng dụng Năng lượng mới ở Việt Nam gần 20 năm nay, thấy cần thiết phải biên soạn bộ sách và tài liệu chuyên đề về khoa học công nghệ và ứng dụng Năng lượng mới và Tái tạo, trước hết là để phục vụ đào tạo, nghiên cứu khoa học công nghệ trong Trường và sau đó có thể là nguồn tham khảo tốt cho những ai quan tâm học tập, nghiên cứu lĩnh vực này. Cuốn "**Cơ sở Năng lượng mới và Tái tạo**" là một trong các cuốn trong bộ sách và tài liệu nói trên.

Cuốn sách được cấu trúc thành 8 chương.

Chương 1 trình bày về nguồn Năng lượng Mặt Trời và các đặc điểm của nó khi tới mặt đất.

Chương 2 trình bày các tính chất nhiệt của năng lượng Mặt Trời và các công nghệ ứng dụng nhiệt Mặt Trời.

Chương 3 trình bày công nghệ thu nhiệt Mặt Trời bằng phương pháp hội tụ và ứng dụng.

Chương 4 trình bày nguyên lý hoạt động và cấu tạo của pin Mặt Trời, các đặc trưng quang- điện của nó, cấu trúc của một số pin Mặt Trời khác nhau, công nghệ chế tạo pin, hệ thống điện Mặt Trời và ứng dụng.

Chương 5 nghiên cứu về cơ sở thủy khí động học ứng dụng.

Chương 6 và 7 trình bày các nguồn năng lượng và công nghệ thủy điện nhỏ, năng lượng gió và các ứng dụng.

Chương 8 trình bày các công nghệ sinh khối, khí sinh học, năng lượng địa nhiệt và năng lượng đại dương.

Các chương 1, 2, 3, 4 và 8 do PGS.TS. Đặng Đình Thống chịu trách nhiệm biên soạn. Các chương 5, 6 và 7 do PGS.TS. Lê Danh Liên biên soạn.

Cuốn sách được biên soạn với mục đích chính là làm tài liệu giảng dạy và học tập, nên tác giả chỉ tập trung vào những vấn đề có tính cơ bản nhất. Và do biên soạn lần đầu nên chắc chắn còn có một số khiếm khuyết. Các tác giả rất biết ơn và trân trọng các ý kiến phê bình và góp ý của các bạn đọc.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Viện Vật lý kỹ thuật và Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã khuyến khích động viên và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tác giả trong quá trình biên soạn. Các tác giả cũng xin bày tỏ lòng biết ơn đối với sự ủng hộ rất hiệu quả của Vụ Khoa học Công nghệ, Bộ Giáo dục và Đào tạo về việc cấp một phần kinh phí để các tác giả có thể biên soạn cuốn sách này.

Các tác giả xin cảm ơn ThS. Đỗ Thị Kim Thoa và CN. Trần Thị Hà đã giúp làm chế bản bản thảo cuốn sách.

Hà Nội, tháng 9 năm 2005

Các tác giả

Chương 1

BỨC XẠ MẶT TRỜI

1.1- BỨC XẠ MẶT TRỜI NGOÀI KHÍ QUYỂN TRÁI ĐẤT

Năng lượng mặt trời là một nguồn năng lượng vô cùng quan trọng đối với sự tồn tại và phát triển của sự sống trên Quả Đất. Tuy nhiên khi truyền tới Quả Đất bức xạ mặt trời phải đi qua lớp khí quyển làm thay đổi tính chất của nó. Vì vậy, trước hết ta hãy xem xét các tính chất của bức xạ mặt trời ngoài khí quyển Quả Đất.

Có thể nói Mặt Trời là một khối khí hình cầu có nhiệt độ rất cao. Năng lượng khổng lồ do Mặt Trời phát ra là kết quả của các phản ứng nhiệt hạt nhân khác nhau xảy ra liên tục và dữ dội trên hành tinh này. Đường kính Mặt Trời vào khoảng $1,39 \cdot 10^6$ km. Như đã biết, đường kính Quả Đất chỉ là $1,27 \cdot 10^4$ km. Khoảng cách trung bình giữa Mặt Trời và Quả Đất là $1,496 \cdot 10^8$ km. Mặc dù Mặt Trời rất lớn, nhưng do khoảng cách Mặt Trời – Quả Đất cũng lớn, nên từ mặt đất chúng ta nhìn Mặt Trời dưới một góc chỉ bằng $32'$. Vì vậy các tia mặt trời khi tới mặt đất có thể xem là các tia song song. Nhiệt độ và do đó độ sáng của Mặt Trời biến đổi từ tâm của nó ra ngoài. Nhưng đối với các tính toán ứng dụng ở mặt đất người ta xem như độ sáng của Mặt Trời là đồng đều.

Các đo đạc cho thấy rằng mật độ dòng năng lượng từ Mặt Trời ở phía ngoài khí quyển Quả Đất là có thể xem như không đổi. Người ta gọi phần năng lượng mặt trời tới trên một đơn vị diện tích vuông góc với các tia mặt trời ở phía ngoài khí quyển quả đất là *hằng số Mặt Trời*, ký hiệu I_{sc} , nó có giá trị gần bằng 1353 W/m^2 .

Quả Đất quay xung quanh Mặt Trời trên một quỹ đạo elip với độ lệch tâm rất nhỏ và Mặt Trời ở trên một tiêu điểm. Vì vậy khoảng cách giữa Mặt Trời và Quả Đất trong một chu kỳ quay của nó, 365 ngày hay một năm, có thay đổi một ít. Do đó mật độ năng lượng Mặt Trời bên ngoài khí quyển Quả Đất cũng bị thay đổi một lượng nhỏ. Giá trị mật độ năng lượng Mặt Trời ở một ngày bất kỳ nào đó có thể tính theo công thức:

$$I'_{sc} = I_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360}{365} n \right) \quad (1.1)$$

Ở đây n là số ngày trong năm (tính từ đầu năm, n =1 là ngày 01 tháng 01).

Phân bố phổ của bức xạ Mặt Trời bên ngoài khí quyển Quả Đất được cho trong bảng 1.1 đối với hằng số mặt trời $I_{sc} = 1353 \text{ W/m}^2$.

Như thấy trong bảng 1.1, giá trị phổ lúc đầu tăng lên rất nhanh theo bước sóng λ , đạt cực đại ở $\lambda = 0,48\mu\text{m}$ và sau đó giảm dần đến 0. Khoảng 99% của bức xạ Mặt Trời nằm trong giải phổ từ $0,2\mu\text{m}$ đến $4\mu\text{m}$. Hình 1.1 biểu diễn sự phân bố phổ của bức xạ Mặt Trời được cho trong bảng 1.1.

Bảng 1.1: Phân bố phổ bức xạ mặt trời bên ngoài khí quyển Quả Đất

λ (μm)	e_λ ($\text{W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$)	D_λ (*)	λ (μm)	e_λ ($\text{W/m}^2 \cdot \mu\text{m}$)	D_λ (*)
0,2	10,7	0,0081	0,9	891	63,37
0,3	514	1,21	1,0	748	69,49
0,38	1120	7,00	2,0	103	93,49
0,4	1429	8,73	3,0	31	97,83
0,48	2074	19,68	4,0	9,5	99,06
0,5	1942	22,06	5,0	3,8	99,51
0,6	1666	35,68	6,0	1,8	99,72
0,6	1369	46,88	7,0	1,00	99,82
0,78	1159	54,35	8,0	0,59	99,88
0,8	1109	56,02	10,0	0,25	99,94

Ghi chú: (*) Đại lượng $D_{\lambda*}$ được xác định theo biểu thức sau:

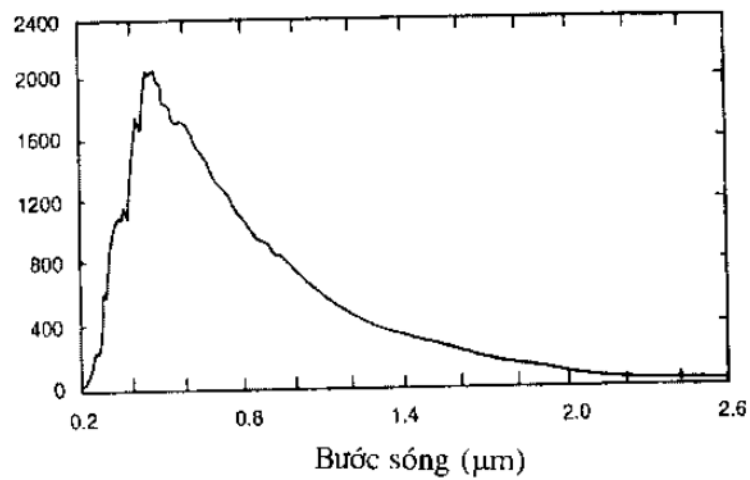
$$D_\lambda = \left\{ \left[\int_0^\lambda e_\lambda d_\lambda \right] / \left[\int_0^\infty e_\lambda d_\lambda \right] \right\} \times 100 = \left\{ \left[\int_0^\lambda e_\lambda d\lambda \right] / I_{sc} \right\} \times 100$$

Ở ngoài khí quyển Quả Đất phổ bức xạ mặt trời gần giống với bức xạ của một vật đen tuyệt đối theo định luật Stefan- Boltzmann ở nhiệt độ 5762K.

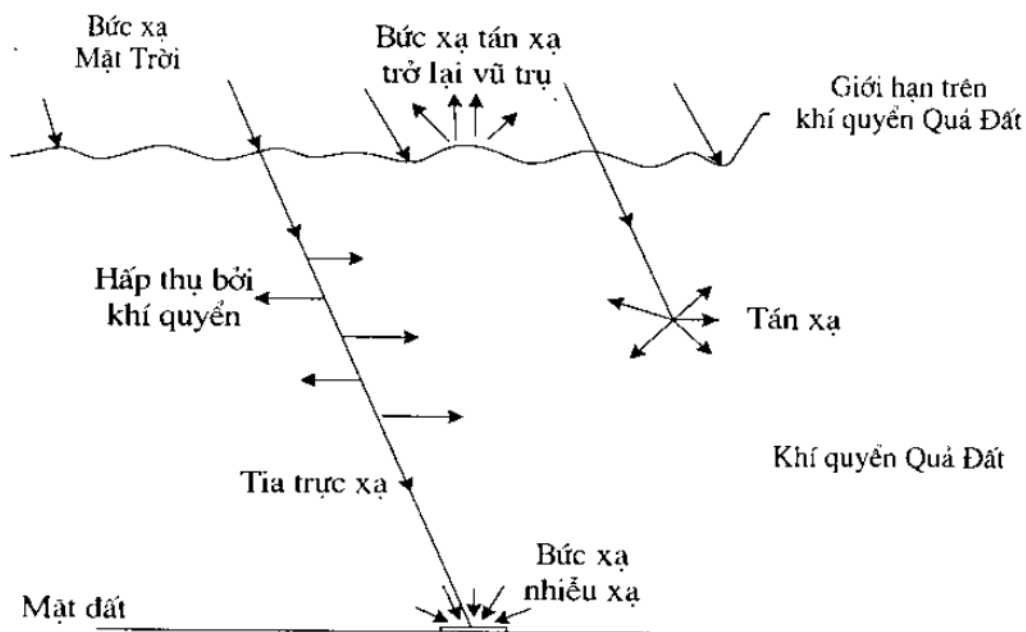
1.2- BỨC XẠ MẶT TRỜI Ở BỀ MẶT TRÁI ĐẤT

Bức xạ Mặt Trời nhận được ở bề mặt Quả Đất bị suy giảm đáng kể so với bức xạ Mặt Trời ngoài vũ trụ do các hiện tượng hấp thụ, tán xạ khi tia Mặt Trời đi qua lớp khí quyển Quả Đất (hình 1.2). Sự hấp thụ trước hết là do sự có mặt của phân tử ozone O_3 và hơi nước H_2O trong khí quyển. Ngoài ra còn do sự hấp thụ của các phân tử khí khác (như cacbonic CO_2 , oxit nito NO_2 , oxit cacbon CO , oxy O_2 , và metan CH_4 ,...) và các hạt bụi. Mặt khác khi tia Mặt Trời gặp các phân tử khí và các hạt bụi nói trên nó còn bị tán xạ về mọi phía, trong đó có một phần đáng kể năng lượng đi trở lại vũ trụ mà không đến được mặt đất.

(W/m².μm)



Hình 1.1- Phổ bức xạ Mặt Trời ở ngoài khí quyển Quả Đất.



Hình 1.2- Sự hấp thụ và tán xạ của tia Mặt Trời khi qua lớp khí quyển Quả Đất.

Khí quyển ở một địa phương nào đó trên bề mặt Quả Đất thường được phân thành hai loại: khí quyển có mây mù và khí quyển trong sáng không có mây mù. Cơ chế hấp thụ và tán xạ là như nhau đối với hai loại khí quyển nói trên. Tuy nhiên cường độ hấp thụ hay tán xạ đối với loại bầu khí quyển mây mù mạnh hơn so với khí quyển trong sáng.

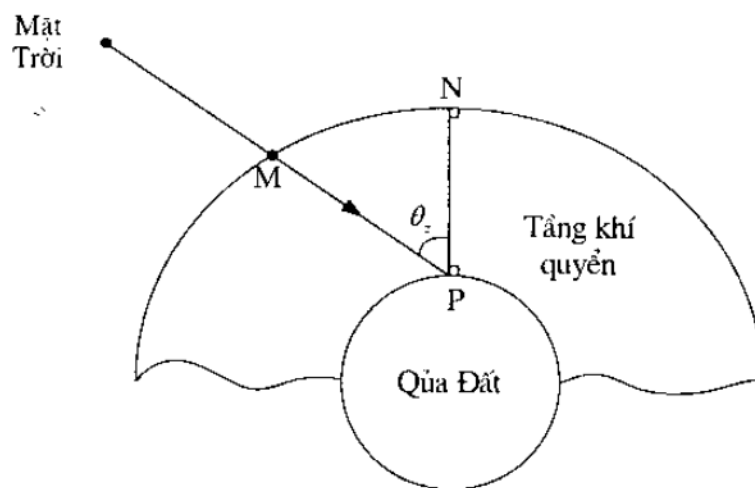
Những ngày trong sáng hoàn toàn không có mây mù cường độ bức xạ Mặt Trời tới bề mặt Quả Đất có giá trị lớn nhất. Thành phần các tia bức xạ Mặt Trời đi thẳng từ Mặt Trời tới mặt

đất mà không bị thay đổi hướng khi qua lớp khí quyển được gọi là thành phần *trực xạ*. Còn đối với các tia bức xạ Mặt Trời đến điểm quan sát trên mặt đất từ mọi phía dưới bầu trời được gọi là thành phần *nhiều xạ*. Thành phần nhiều xạ được gây ra do hiện tượng tán xạ của tia Mặt Trời khi gặp các phân tử khí và các loại hạt bụi trong bầu khí quyển cũng như các vật cản khác. Tổng của các thành phần trực xạ và nhiều xạ được gọi là *Tổng xạ*.

Nói chung, cường độ của các tia nhiều xạ đến từ các hướng khác nhau trong bầu trời là không bằng nhau. Tính chất đó được gọi là tính chất *bất đẳng hướng* của bức xạ nhiều xạ. Tuy nhiên khi tính toán về bức xạ Mặt Trời trên mặt đất người ta thường bỏ qua tính bất đẳng hướng này mà xem bức xạ nhiều xạ là đẳng hướng.

Một đại lượng quan trọng khác đặc trưng cho độ suy giảm của tia Mặt Trời khi qua lớp khí quyển Quả Đất là *airmass* (AM). Nó được đo bằng tỷ số giữa độ dài của tia Mặt Trời đi qua lớp khí quyển Quả Đất và độ dày của lớp khí quyển (hình 1.3), tức là:

$$AM = \frac{MP}{NP} \quad (1.2)$$



Hình 1.3- Xác định airmass AM.

Góc giữa pháp tuyến của mặt đất tại điểm quan sát và tia Mặt Trời được gọi là góc Zenith θ_z . Giá trị AM phụ thuộc vào góc θ_z . Airmass “không” AM0 tương ứng với bức xạ Mặt Trời ngoài vũ trụ; AM1 ứng với góc $\theta_z = 0$, còn AM2 ứng với góc $\theta_z = 60^\circ$.

Có nhiều nghiên cứu về cơ chế hấp thụ và tán xạ và xác định hệ số suy giảm bức xạ Mặt Trời trên bề mặt Quả Đất liên quan đến các thông số thời tiết khí hậu. Tuy nhiên, nói chung là không thể dự đoán chính xác được sự thay đổi của khí hậu, thời tiết và do đó cũng không thể dự đoán chính xác được bức xạ Mặt Trời trên bề mặt Quả Đất ở một địa phương nào đó và trong khoảng thời gian nào đó. Vì vậy, để thiết kế, lắp đặt các thiết bị năng lượng Mặt Trời người ta thường phải lựa chọn một hay một vài phương pháp sau:

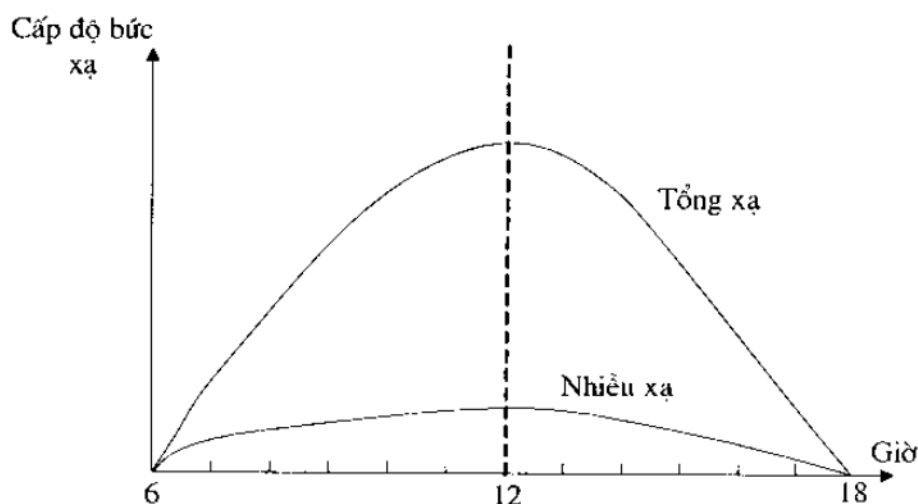
1. Tiến hành đo đạc thực tế trong một khoảng thời gian đủ dài ở địa phương sẽ lắp đặt thiết bị năng lượng Mặt Trời ;

2. Sử dụng các số liệu có thể ở một số địa phương khác mà ở đó thời tiết, khí hậu là gần giống như ở địa phương lắp đặt thiết bị năng lượng Mặt Trời;

3. Sử dụng các công thức dự báo kinh nghiệm liên kết các giá trị bức xạ Mặt Trời với các thông số khí tượng khác mà các giá trị này đã biết ở địa phương quan tâm.

1.3- SỐ LIỆU VỀ BỨC XẠ MẶT TRỜI

Phần lớn các số liệu về bức xạ Mặt Trời được đo ở trên mặt nằm ngang ở các Trạm Khí Tượng Thủy Văn. Ví dụ hình 1.4 trình bày các đường cong ghi được trong một ngày trong sáng đối với các thành phần tổng xạ và nhiều xạ.



Hình 1.4- Các đường cong ghi các thành phần tổng xạ và nhiều xạ trong 1 ngày trong sáng.

Qua hình vẽ này ta thấy rằng, sự biến đổi của bức xạ Mặt Trời là khá trơn tru và có một cực đại lân cận giữa trưa. Đối với các ngày mây mù các đường cong trên sẽ biến đổi phức tạp với rất nhiều cực đại và cực tiểu phụ.

Mật độ năng lượng bức xạ Mặt Trời thường được đo bằng cal/cm^2 hay J/cm^2 . Đối với việc thiết kế các hệ thống thiết bị năng lượng Mặt Trời người ta quan tâm trước hết là các giá trị trung bình của bức xạ Mặt Trời ở địa phương lắp đặt thiết bị. Thông thường người ta tính giá trị trung bình ngày của bức xạ Mặt Trời đối với các tháng khác nhau trong một năm.

Để tham khảo các số liệu bức xạ Mặt Trời ở các địa phương khác nhau trong một nước hay trong một vùng địa lý nào đấy người ta thường xây dựng các sổ tay tra cứu hay các bản đồ bức xạ Mặt Trời. Có hai đại lượng chính để đánh giá bức xạ Mặt Trời ở một địa phương nào đó, đó là mật độ năng lượng Mặt Trời trung bình ngày và số giờ nắng trung bình hàng tháng trong năm và cả năm.

Bảng 1.2 cho số liệu năng lượng Mặt Trời trung bình ngày ở các địa phương khác nhau ở Việt Nam.

Bảng 1.2- Lượng tổng xạ bức xạ mặt trời trung bình ngày của các tháng trong năm ở một số địa phương Việt Nam, (đơn vị: MJ/m².ngày).

TT	Địa phương	Tổng xạ Bức xạ Mặt Trời của các tháng trong năm (đơn vị: MJ/m ² .ngày)					
		1 7	2 8	3 9	4 10	5 11	6 12
1	Cao Bằng	8,21	8,72	10,43	12,70	16,81	17,56
		18,81	19,11	17,60	13,57	11,27	9,37
2	Móng Cái	18,81	19,11	17,60	13,57	11,27	9,37
		17,56	18,23	16,10	15,75	12,91	10,35
3	Sơn La	11,23	12,65	14,45	16,84	17,89	17,47
		11,23	12,65	14,45	16,84	17,89	17,47
4	Phú Hộ	8,04	8,09	8,96	12,15	17,73	18,23
		18,39	17,89	16,22	14,41	11,65	10,01
5	Láng (Hà Nội)	8,76	8,63	9,09	12,44	18,94	19,11
		20,11	18,23	17,22	15,04	12,40	10,66
6	Yên Định	9,72	9,55	10,18	13,53	20,66	20,32
		20,87	18,96	18,44	15,71	12,19	11,35
7	Vinh	8,88	8,13	9,34	14,50	20,03	19,78
		21,79	16,39	15,92	13,16	10,22	9,01
8	Đà Nẵng	12,44	14,87	18,02	20,28	22,17	21,04
		22,84	20,78	17,93	14,29	10,43	8,47
9	Cần Thơ	17,51	20,07	20,95	20,88	16,72	15,00
		16,68	15,29	16,38	15,54	15,25	16,38
10	Đà Lạt	16,68	15,29	16,38	15,54	15,25	16,38
		18,94	16,51	15,00	14,87	15,75	10,07

1.4- HÌNH HỌC BỨC XẠ MẶT TRỜI

Để xác định năng lượng trực xạ tới trên một mặt định hướng bất kỳ đặt trên mặt đất, người ta cần phải xác định giá trị của thành phần năng lượng trực xạ tới bề mặt trên theo phương vuông góc với nó.

Nếu gọi θ là góc giữa tia tới có cường độ I_{bn} và pháp tuyến của bề mặt quan sát (góc tới), thì thành phần tới của tia vuông góc với bề mặt sẽ là $I_{bn} \cdot \cos\theta$. Góc tới θ phụ thuộc vào nhiều thông số khác như vĩ độ ϕ của địa phương quan sát, góc lệch δ giữa tia Mặt Trời và mặt phẳng