

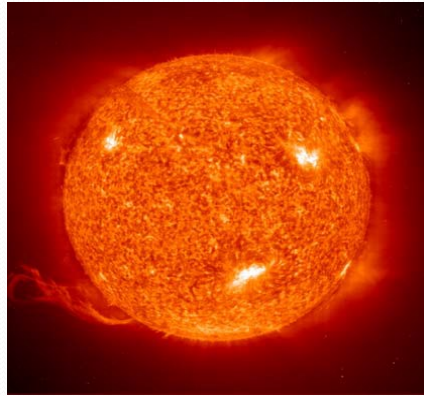
CHƯƠNG 1

MẶT TRỜI VÀ TRÁI ĐẤT

1.1 Cấu trúc của mặt trời

- Mặt trời là một khối khí hình cầu có đường kính $1,390.10^6\text{km}$ (lớn hơn 110 lần đường kính Trái Đất), cách xa Trái Đất 150.10^6km (bằng một đơn vị thiên văn AU ánh sáng Mặt trời cần khoảng 8 phút để vượt qua khoảng này đến Trái Đất).
- Khối lượng Mặt Trời khoảng $M_0 = 2.10^{30}\text{kg}$
- Nhiệt độ T_0 tại tâm Mặt Trời thay đổi từ 10.10^6K đến 20.10^6K , trung bình khoảng $15,5.10^6\text{K}$
- Ở nhiệt độ đó thì các nguyên tử và phân tử sẽ chuyển thành dạng plasma trong đó các hạt nhân của nguyên tử chuyển động tách biệt với các electron.

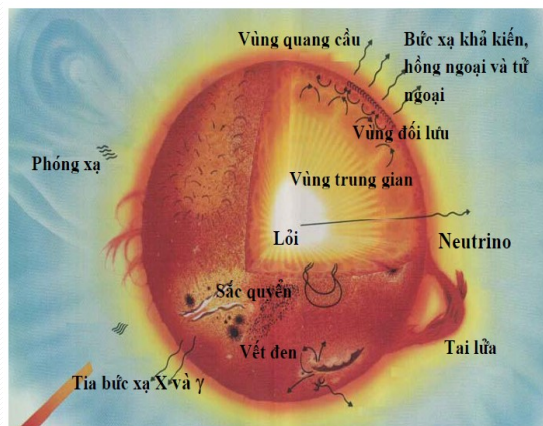
- Khi các hạt nhân tự do có va chạm với nhau sẽ tạo thành các vụ nổ nhiệt hạch. Vậy có các phản ứng nhiệt hạch xảy ra bên trong lòng Mặt Trời.



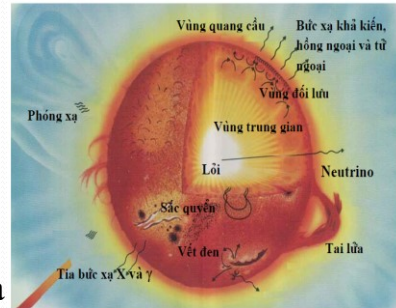
Hình 1.1: Bên ngoài Mặt Trời

- Về cấu trúc: Mặt trời có thể chia thành 4 vùng

- **Vùng giữa (Lõi):** có những chuyển động đối lưu, nơi xảy ra các phản ứng hạt nhân tạo nên nguồn năng lượng mặt trời, vùng này có bán kính khoảng 175.000km, khối lượng riêng 160kg/dm³, nhiệt độ từ 14 đến 20 triệu độ, áp suất hàng tỷ atm

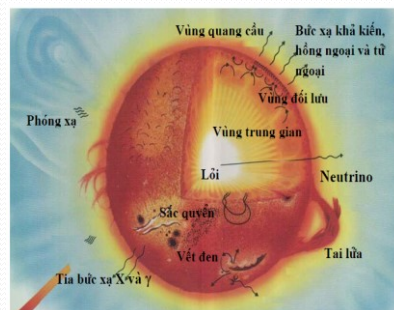


- **Vùng trung gian (Vùng đôi ngược):** Vùng năng lượng truyền từ trong ra ngoài, vật chất vùng này gồm sắt, canxi, natri, Stronni, Croom, Niken, Cacbon, Silic và khí hiđro, hêli,.. Chiều dày vùng này khoảng 400.000km
- **Vùng đôi lưu:** dày 125.000km và **Vùng quang cầu** có nhiệt độ khoảng 6000K, dày 1000km, ở vùng này gồm các bọt khí sôi sục, có chỗ tạo ra các vết đen, là các hố xoáy có nhiệt độ thấp khoảng 4500K và các tai lửa có nhiệt độ 7000-10000K.



- **Vùng ngoài cùng là vùng bất định** và gọi là khí quyển của Mặt Trời
- Nhiệt độ bề mặt của Mặt Trời là 5762K, các nguyên tử tồn tại trong trạng thái kích thích, đồng thời đủ nhỏ để có thể xuất hiện các nguyên tử bình thường và các cấu trúc phân tử.
- Vật chất của Mặt Trời gồm khoảng

73,46%	Hydrogen,	24,85%
	Helium,	Oxy
	0,77%,	Cacbon
	0,29%,	Iron
	0,16%,	Neon
	0,12%,	Nitrogen
	0,09%,	Silicon
	0,07%,	Magnesium
	0,05% và	Sulphur
		0,04%



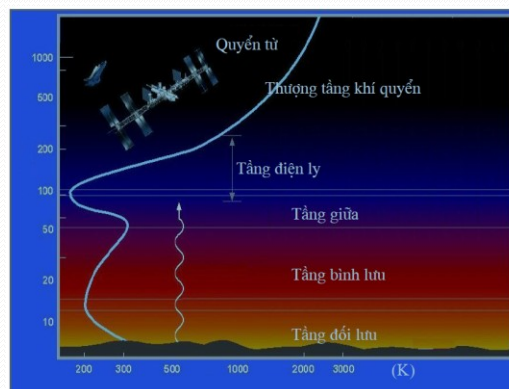
1.2 Trái đất và khí quyển của trái đất

- Trái đất được hình thành cách đây 5 tỷ năm từ 1 vành đai bụi khí quay quanh mặt trời, kết tụ thành một quả cầu xấp xỉ tự xoay và quay quanh mặt trời.
- Lực hấp dẫn ép quả cầu co lại, khiến nhiệt độ của nó tăng lên hàng nghìn độ, làm nóng chảy quả cầu, khi đó các nguyên tố nặng như sắt, niken sẽ chìm dần vào lõi quả đất, xung quanh là magma lỏng, ngoài cùng là khí quyển sơ khai gồm H_2 , Heli, H_2O , CH_4 , NH_3 , H_2SO_4
- Trái đất tiếp tục quay, giải nhiệt và nguội dần. Cách đây 3,8 tỷ năm, silicat nổi lên trên magma và tạo nên lớp vỏ trái đất dày khoảng 25km, với núi cao, đất bằng và hồ sâu

- Trái đất, hành tinh thứ 3 tính từ Mặt trời, cùng với Mặt trăng, một vệ tinh duy nhất tạo ra một hệ thống hành tinh kép đặc biệt. Trái đất là hành tinh lớn nhất trong số các hành tinh bên trong của hệ mặt trời với đường kính ở xích đạo 12.756 km.
- Nhìn từ không gian, Trái đất có màu xanh, nâu và xanh lá cây và đám mây trắng thường xuyên thay đổi.
- Bề mặt trái đất có một đặc tính mà không hành tinh nào có là tồn tại thể rắn và thể lỏng. Vùng ranh giới giữa biển và đất liền là nơi duy nhất trong vũ trụ có vật chất hiện hữu ổn định trong cả 3 thể rắn, lỏng và khí

- Hành tinh trái đất di chuyển trên một quỹ đạo gần ellip, Mặt trời không ở tâm của ellip mà ở tại 1 trong 2 tiêu điểm.
- Hằng năm, vào tháng 1 Trái đất gần Mặt trời hơn so với vào tháng 7 khoảng 5 triệu km, sự sai biệt này quá nhỏ so với khoảng cách giữa mặt trời đến trái đất, nên chúng ta không cảm nhận được sự thay đổi này.
- Trái đất chuyển động quanh Mặt trời, đồng thời cũng chuyển động quanh trục của nó. Tuy nhiên, tốc độ quay rất chậm nên không tạo nên lực ly tâm đẩy chúng ta ra ngoài không gian.

- Khí quyển Trái đất chia thành 4 tầng, trong đó mỗi tầng có kiểu cân bằng năng lượng khác nhau.
- Tầng dưới cùng gọi là tầng đối lưu, tầng này bị chi phối bởi ánh sáng khả kiến và tia hồng ngoại, gần 95% khối lượng và toàn bộ nước ở tầng này, chỉ cao khoảng 14km



Hình 1. Sự thay đổi nhiệt độ theo độ cao các tầng khí quyển

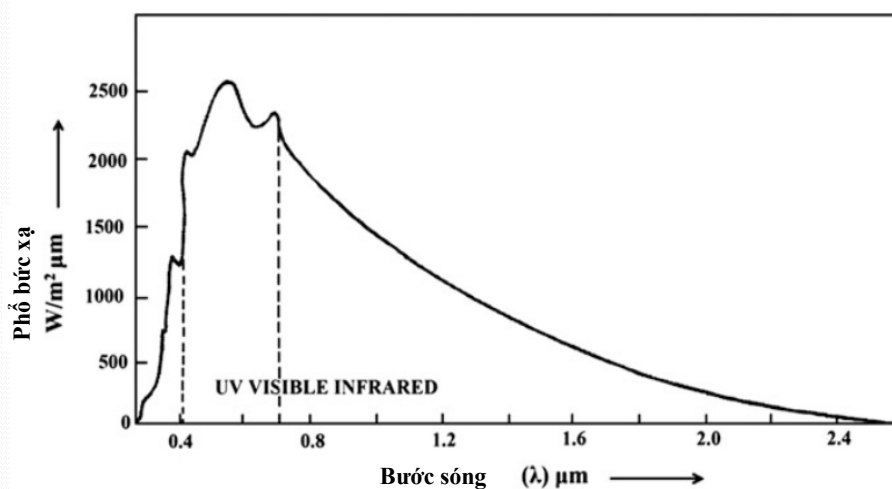
- Tầng đối lưu và tầng bình lưu, tại đây nhiệt độ bắt đầu tăng lên, nhiệt độ trong khoảng từ -50°C đến 0°C
- Tầng giữa, có độ cao từ 50km trở lên, ozone mỏng ra và nhiệt độ giảm dần, lên đến 80km thì nhiệt độ chỉ khoảng -90°C
- Tầng điện ly: Càng lên cao nhiệt độ bắt đầu tăng trở lại và sự cấu tạo của khí quyển cũng thay đổi hoàn toàn, tại đây nhiệt lượng bức xạ rất mạnh của mặt trời làm tách các phân tử ra để tạo thành các ion và electron.
- Càng lên cao khoảng 600km, nhiệt độ khoảng 1000°C . Do đó, người ta chọn khí quyển chuẩn của Trái đất có độ cao 800km

CHƯƠNG 2

NĂNG LƯỢNG BỨC XẠ MẶT TRỜI

1. Bức xạ Mặt trời.

- Trong toàn bộ bức xạ mặt trời, bức xạ liên quan trực tiếp đến các phản ứng hạt nhân xảy ra trong hạt nhân mặt trời không quá 3%.
- Tất cả các dạng của bức xạ điện từ đều giống nhau bản chất sóng, chỉ khác nhau ở bước sóng.
- Năng lượng bức xạ phụ thuộc vào tần số (bước sóng) của bức xạ.
- Năng lượng bức xạ Mặt trời ngoài lớp khí quyển trong khoảng bước sóng từ 0,2 – 2,6 μm (hình 2.1)



Hình 2.1: Phân bố phổ bức xạ mặt trời theo chiều dài sóng

- Trong thực tế các bức xạ mang năng lượng chủ yếu nằm ở bước sóng trong khoảng từ 0,38 đến 0,78 μm như trong Bảng 2.1

Bảng 2.1: Năng lượng tương ứng với bước sóng

λ (μm)	E (W/m^2)	Tỉ số $D_r = \frac{E_\lambda}{I_{sc}}$
0 - 0.38	95	0.0700
0.38 - 0.78	640	0.4729
0.78 - ∞	618	0.4571

2. Các thành phần bức xạ Mặt trời gởi tới bề mặt một vật thể trên mặt đất.

- Bức xạ trực xạ:** là thành phần bức xạ được truyền thẳng từ mặt trời đến mặt đất mà không thay đổi phương truyền
- Bức xạ tán xạ hay bức xạ khuếch tán:** là thành phần bức xạ nhận được từ mặt đất sau khi thay đổi phương truyền do gặp các chướng ngại trong khi xuyên qua lớp khí quyển bao quanh trái đất như phân tử khí, hơi nước, bụi, khói hoặc các đám mây,...

Mật độ đồng bức xạ trực xạ ở ngoài lớp khí quyển, tính đối với 1m^2 bề mặt đặt vuông góc với tia bức xạ, được tính theo công thức.

$$q = \varphi_{D-T} \cdot C_0 (T/100)^4$$

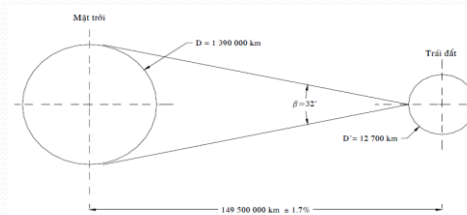
Với φ_{D-T} : hệ số góc bức xạ giữa Trái đất và Mặt trời

$$\varphi_{D-T} = \beta^2 / 4$$

β : góc nhìn mặt trời và $\beta = 32$ phút như hình 2.2

$C_0 = 5,67 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối

$T = 5762^\circ\text{K}$: nhiệt độ bề mặt mặt trời (xem giống như vật đen tuyệt đối)



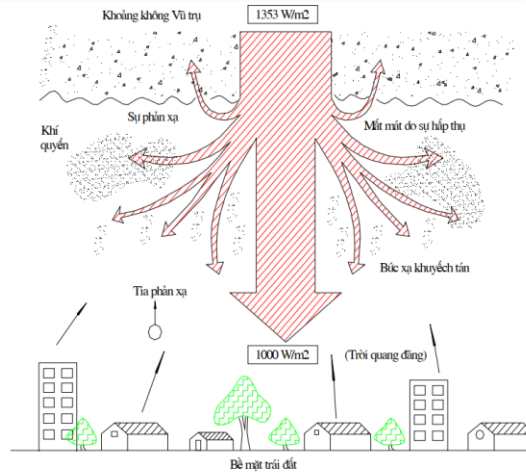
Hình 2.2. Góc nhìn Mặt trời.

• Vậy

$$q = \frac{\left(\frac{2.3,14.32}{360.60}\right)^2}{4} \cdot 5,67 \cdot \left(\frac{5762}{100}\right)^4 \approx 1353 \text{ W/m}^2$$

- Do khoảng cách giữa Trái đất và Mặt trời thay đổi theo mùa trong năm nên β cũng thay đổi, do đó q cũng thay đổi nhưng độ thay đổi không lớn lắm nên có thể xem q là không đổi và được gọi là **hằng số mặt trời**.
- Yếu tố cơ bản xác định cường độ bức xạ mặt trời ở một điểm nào đó trên Trái đất là quãng đường nó đi qua. Sự mát mát năng lượng trên quãng đường đó gắn liền với sự tán xạ, hấp thụ bức xạ, và phụ thuộc vào khoảng thời gian trong ngày, mùa, vị trí địa lý.

Năng lượng bức xạ mặt trời truyền tới bề mặt trái đất trong những ngày quang đãng (không có mây) ở thời điểm cao nhất vào khoảng $1000\text{W}/\text{m}^2$ (Hình 2.3)



Hình 2.3. Quá trình truyền năng lượng bức xạ mặt trời qua lớp khí quyển của Trái đất.

3. Tính toán năng lượng Mặt trời

- Cường độ bức xạ mặt trời trên mặt đất chủ yếu phụ thuộc vào 2 yếu tố: góc nghiêng của các tia sáng đối với mặt phẳng bề mặt tại điểm đã cho và độ dài đường đi của các tia sáng trong khí quyển hay nói chung là độ cao của mặt trời (góc giữa phương từ điểm quan sát đến mặt trời và mặt phẳng nằm ngang đi qua điểm đó).
- Yếu tố cơ bản xác định cường độ của bức xạ mặt trời ở một điểm nào đó trên Trái đất là quãng đường nó đi qua.

- Quan hệ giữa bức xạ mặt trời ngoài khí quyển và thời gian trong năm có thể xác định như sau.

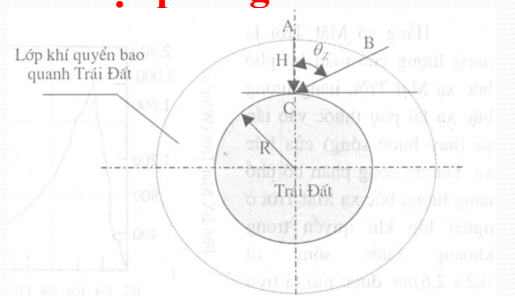
$$E_{ng} = E_0(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365}), \text{ W/m}^2$$

- Trong đó, E_{ng} là bức xạ ngoài khí quyển được đo trên mặt phẳng vuông góc với tia bức xạ vào ngày thứ n trong năm.

$E_0 = 1367 \text{ W/m}^2$, bức xạ (năng lượng) mặt trời nhận được từ bức xạ mặt trời ở khoảng cách trung bình giữa Mặt trời và Trái đất

3.1 Các thông số vị trí theo giờ mặt trời và hướng tia bức xạ trên các mặt phẳng

- Trong quá trình tính toán cần định nghĩa các khái niệm như sau:
- **Tỉ số khối không khí m** , là tỷ số giữa khối lượng khí quyển theo phương tia bức xạ truyền qua và khối lượng khí quyển theo phương thẳng đứng (tức là khi mặt trời ở thiên đỉnh).



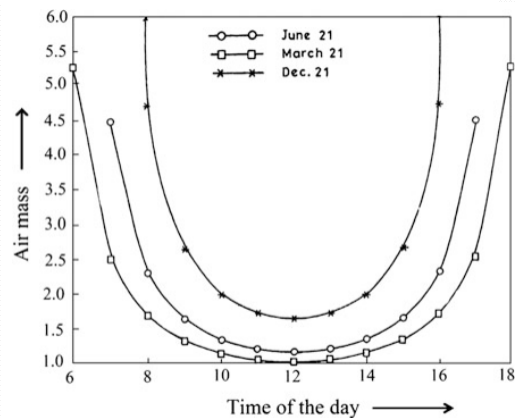
$$m = \frac{CB}{CA} = \left\{ \left(\frac{R}{H} \cos \theta_z \right)^2 + 2 \left(\frac{R}{H} \right) + 1 \right\}^{1/2} - \left(\frac{R}{H} \cos \theta_z \right)$$

- $m = 1$, khi mặt trời ở thiên đỉnh
- $m = 2$, khi góc thiên đỉnh θ_z là 60°
- $m > 3$, khi góc thiên đỉnh $\theta_z > 60^\circ$
- Đối với góc thiên đỉnh thay đổi từ $0-70^\circ$ có thể xác định gần đúng $m = 1/\cos \theta_z$
- Đối với góc $\theta_z > 70^\circ$ thì phải tính toán độ cong của bề mặt trái đất.
- Riêng đối với tính toán bức xạ mặt trời ngoài khí quyển $m=0$

- Mặt khác, ta có thể tính tỷ khối không khí m theo công thức sau:

$$m = \left[\cos \theta_z + 0.15 \times (93.885 - \theta_z)^{-1.253} \right]^{-1}$$

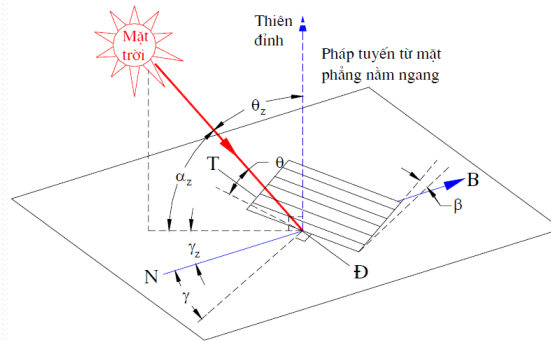
Hình 2.2: Sự thay đổi tỷ số khối không khí theo giờ trong 1 ngày



- **Trực xạ:** là bức xạ mặt trời nhận được khi không bị bầu khí quyển phát tán. Đây là dòng bức xạ có hướng và có thể thu được ở các bộ thu kiểu tập trung (hội tụ)
- **Tán xạ:** là bức xạ mặt trời nhận được sau khi hướng của nó đã bị thay đổi do sự phát tán của bầu khí quyển.
- **Tổng xạ:** là tổng của trực xạ và tán xạ trên một bề mặt (phổ biến nhất là tổng xạ trên một bề mặt nằm ngang, thường được gọi là bức xạ cầu trên bề mặt)
- **Cường độ bức xạ (W/m^2):** là cường độ năng lượng bức xạ mặt trời đến một bề mặt tương ứng với một đơn vị diện tích của bề mặt. Cường độ bức xạ cũng bao gồm cường độ bức xạ trực xạ E_{trx} , cường độ bức xạ tán xạ E_{tx} , cường độ bức xạ quang phổ E_{qp}

- **Năng lượng bức xạ (J/m^2):** là cường độ năng lượng bức xạ mặt trời truyền đến một bề mặt tương ứng với một đơn vị diện tích bề mặt trong một khoảng thời gian, như vậy năng lượng bức xạ là một đại lượng bằng tích phân của cường độ bức xạ trong một khoảng thời gian nhất định (thường là 1h hay 1 ngày)
- **Giờ mặt trời:** là thời gian dựa trên hoạt động biểu kiến của mặt trời, với qui ước giờ mặt trời chính Ngọ là thời điểm mặt trời đi qua thiên đỉnh của người quan sát. Giờ mặt trời là thời gian được sử dụng trong mọi quan hệ về góc mặt trời, nó không đồng nghĩa với giờ theo đồng hồ

- Quan hệ hình học giữa một mặt phẳng bố trí bất kỳ trên mặt đất và bức xạ của mặt trời truyền tới, tức là vị trí của mặt trời so với mặt phẳng đó có thể được xác định theo các góc đặc trưng như hình 2.4



Hình 2.4. Quan hệ các góc hình học của tia bức xạ mặt trời trên mặt phẳng nghiêng.

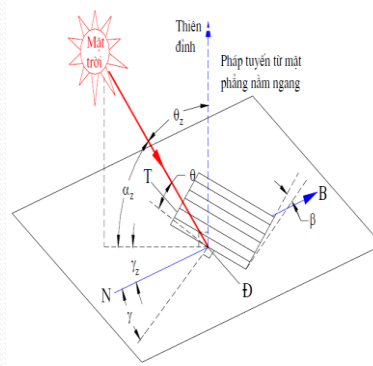
- Góc nghiêng β :** góc giữa mặt phẳng của bề mặt tính toán và phương nằm ngang.

$$0 \leq \beta \leq 180^\circ$$

($\beta > 90^\circ$ nghĩa là bề mặt nhận bức xạ hướng xuống phía dưới)

- Góc phương vị của bề mặt γ :** góc lệch của hình chiếu pháp tuyến bề mặt trên mặt phẳng nằm ngang so với đường kinh tuyến. Góc $\gamma = 0$ nếu bề mặt quay về hướng chính Nam, γ lấy dấu (+) nếu bề mặt quay về hướng phía Tây và lấy dấu (-) nếu bề mặt quay về phía Đông.

$$-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$$



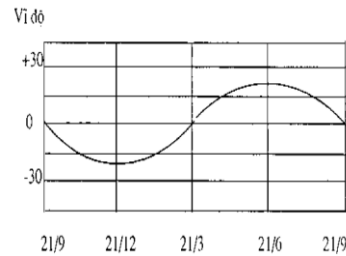
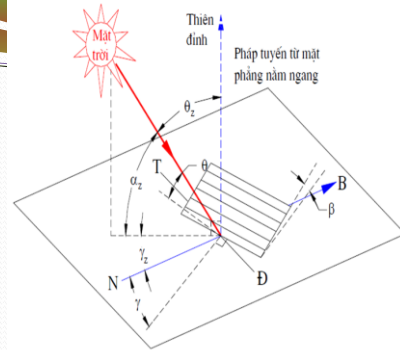
- **Góc lệch δ :** vị trí góc của mặt trời tương ứng với giờ mặt trời là 12 giờ (khi mặt trời đi qua kinh tuyến địa phương) so với mặt phẳng xích đạo của trái đất, với hướng phía bắc là hướng dương.

$$-23,45^0 \leq \delta \leq 23,45^0$$

- Góc lệch δ có thể tính toán theo phương trình Cooper:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right)$$

- Trong đó: n là thứ tự ngày của 1 năm tính từ ngày 1 tháng giêng



Hình 1.4.3. Sự thay đổi của góc lệch δ theo các ngày trong một năm.

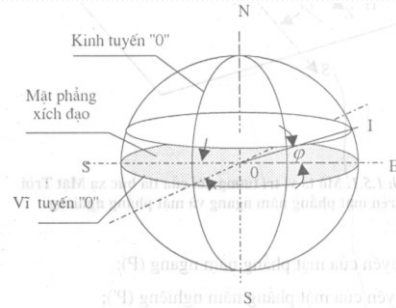
Bảng tra số ngày (n) trong năm

Month	N for i th Day of month	Day of the year (n)
January	17	i
February	16	$31 + i$
March	16	$59 + i$
April	15	$90 + i$
May	15	$120 + i$
June	11	$151 + i$
July	17	$181 + i$
August	16	$212 + i$
September	15	$243 + i$
October	15	$273 + i$
November	14	$304 + i$
December	10	$334 + i$

- **Góc vĩ tuyến φ :** các đường tròn vẽ trên mặt đất và nằm trong các mặt phẳng song song với mặt phẳng xích đạo được gọi là các mặt vĩ tuyến.

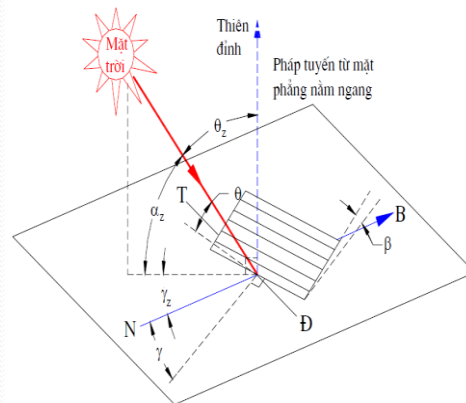
Góc hợp bởi đoạn thẳng từ O đến I là điểm cắt nhau giữa mặt phẳng vĩ tuyến và mặt cầu gọi là góc vĩ tuyến φ .

Đường xích đạo ứng với vĩ tuyến 0, các góc từ đường xích đạo lên cực Bắc gọi là vĩ độ Bắc $\varphi = 0 \rightarrow 90^{\circ}$ B hay ($\varphi > 0$), các góc từ đường xích đạo lên cực Nam gọi là vĩ độ Nam $\varphi = 0 \rightarrow -90^{\circ}$ N hay ($\varphi < 0$)



- **Góc giờ Mặt trời ω :** là góc xác định vị trí của mặt trời trên bầu trời tại một thời điểm bất kỳ từ lúc mặt trời mọc đến khi mặt trời lặn.

- Người ta qui ước khi mặt trời ở đỉnh đầu (thiên đỉnh) lúc 12h trưa, thì $\omega = 0$
- Trái đất quay quanh trục của nó 1 vòng hết 24h, nên mỗi giờ nó quay được 1 góc ($360^{\circ}/24h$) = 15°



- Vì vậy có thể tính góc giờ của mặt trời ở thời điểm bất kỳ:

$$\omega_t = (12 - T_{SV}) \times 15 \text{ (độ)}$$

Với T_{SV} : là giờ mặt trời đúng.

TH 1: Có thể lấy gần đúng bằng giờ địa phương

- Ví dụ: lúc $t = 9h$ sáng, góc giờ mặt trời khi đó là

$$\omega = (12 - 9) \times 15 = 45^\circ > 0$$

Lúc $t = 15h$, góc mặt trời khi đó là

$$\omega = (12 - 15) \times 15 = -45^\circ < 0$$

- Vậy góc giờ mặt trời vào buổi sáng có giá trị dương, buổi chiều có giá trị âm

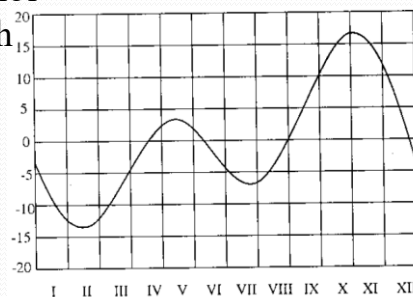
TH2 : Tính T_{SV} theo đường cong hiệu chỉnh thời gian $E(t)$

- Do có sự sai khác giữa các đường kinh tuyến của các địa phương , của các quốc gia và phụ thuộc thời điểm bất kỳ trong năm (như hình bên)
- Như vậy, giờ mặt trời được xác định như sau

$$T_{SV} = T_{LG} + E_t + 4(\varphi_{SV} - \varphi_{LG})$$

Với:

T_{LG} : giờ pháp định quốc gia tại địa phương (giờ Việt Nam bằng giờ kinh tuyến gốc cộng thêm GMT+7)



Hình 1.5.3. Đường cong hiệu chỉnh thời gian $E(t)$.

φ_{SV} : Kinh tuyến tính giờ của quốc gia (Việt Nam lấy = 105Đ)

φ_{LG} : Kinh tuyến địa phương (độ), dương với kinh tuyến Đông, âm với kinh tuyến Tây.

E_t : Thời sai (tra hình)

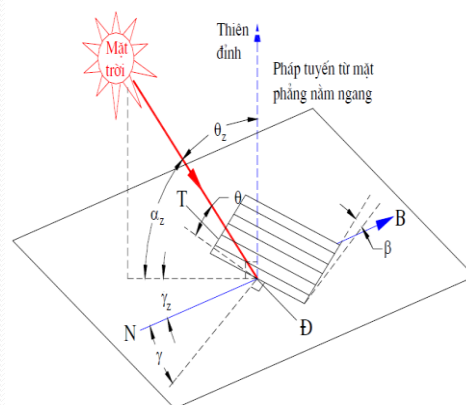
- **Ví dụ:** Tính giờ mặt trời tại Hà Nội lúc 10h30 của hai ngày 1/3 và 1/10. biết tọa độ Hà Nội (21.02B, và 105.51Đ)

Ta có:

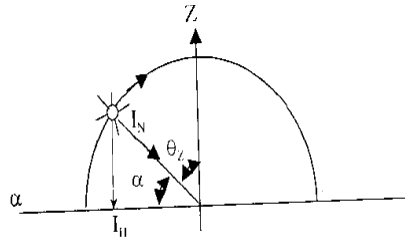
$$\begin{aligned} \text{Ngày 1/3 } T_{sv} &= 10\text{h}30 (-12 + 4x(105 - 105.51)) = \\ &= 10\text{h}30 - 14,04 = 10\text{h}30 - 14'02'' = 10\text{h}15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ngày 1/10 } T_{sv} &= 10\text{h}30 (+10 + 4x(105 - 105.51)) = 10\text{h}37 \\ &= 10\text{h}30 + 7,96 = 10\text{h}30 + 7'57'' = 10\text{h}37 \end{aligned}$$

- **Góc tới θ :** góc giữa tia bức xạ truyền tới bề mặt và pháp tuyến của bề mặt đó.
- **Góc tới θ_z :** góc giữa phương thẳng đứng (thiên đỉnh) của mặt phẳng ngang và tia bức xạ tới.
- Trong trường hợp bề mặt nằm ngang thì góc thiên đỉnh chính là góc tới
- Góc tới đối với mặt phẳng nghiêng là θ_T



- **Góc cao mặt trời α** : góc giữa phương nằm ngang và tia bức xạ truyền tới, tức là góc phụ của góc thiên đỉnh.



Hình 1.5.4. Xác định góc .

- Ta có: $\alpha + \theta_z = 90^\circ$
- Nếu gọi cường độ chùm bức xạ tới I_N hợp với pháp tuyến mặt phẳng ngang 1 góc θ_z , thì cường độ bức xạ I_H được xác định theo công thức:

$$I_H = I_N \cdot \sin \alpha = I_N \cdot \cos \theta_z$$

- Có thể tính góc độ cao mặt trời α tại một thời điểm bất kỳ theo góc giờ ω , vào một ngày bất kỳ trong năm theo góc lệch δ , ở một địa điểm bất kỳ trên mặt đất theo góc vĩ tuyến φ theo hệ thức

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta$$

Tính Góc độ cao mặt trời lúc giữa trưa ($\omega=0$), ta có

$$\alpha = 90^\circ - (\varphi - \delta)$$

Tính Góc giờ ω lúc mặt trời mọc và mặt trời lặn, bằng cách cho $\alpha=0$

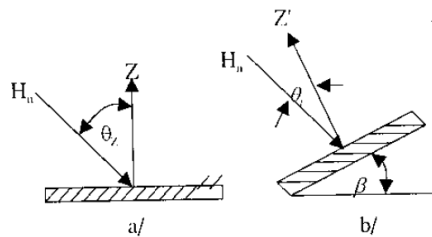
$$\cos \omega_s = -\text{tg } \varphi \cdot \text{tg } \delta$$

Từ công thức trên có thể tính độ dài N của ngày mặt trời, hoặc số giờ có ánh sáng mặt trời (trực xạ) trong 1 ngày là

$$N = \frac{2\omega_s}{15} = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\delta)$$

- Xét trường hợp tia trực xạ I_N chiếu vào mặt phẳng nghiêng với góc tới θ_T khi đó cường độ bức xạ I_β trên mặt phẳng nghiêng sẽ là:

$$I_\beta = I_N \cos \theta_T$$



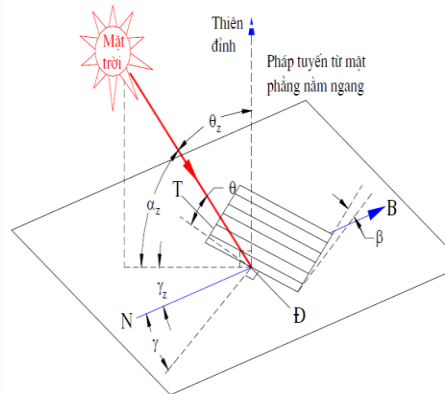
Tia bức xạ tới : a/ trên mặt phẳng nằm ngang θ_z ; b/ trên mặt phẳng nghiêng θ_T .

- Từ các phương trình trên ta tính được $\cos \theta_T$ theo biểu thức sau:

$$\cos \theta_T = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \cos \Delta A_Z$$

Trong đó: $\Delta A_Z = \gamma_s - \gamma$

γ_s : Góc phương vị mặt trời, góc lệch so với phương Nam của hình chiếu tia bức xạ truyền tới trên mặt phẳng nằm ngang. Góc này lấy dấu (-) nếu hình chiếu lệch về phía Đông và lấy dấu (+) nếu lệch về phía Tây.



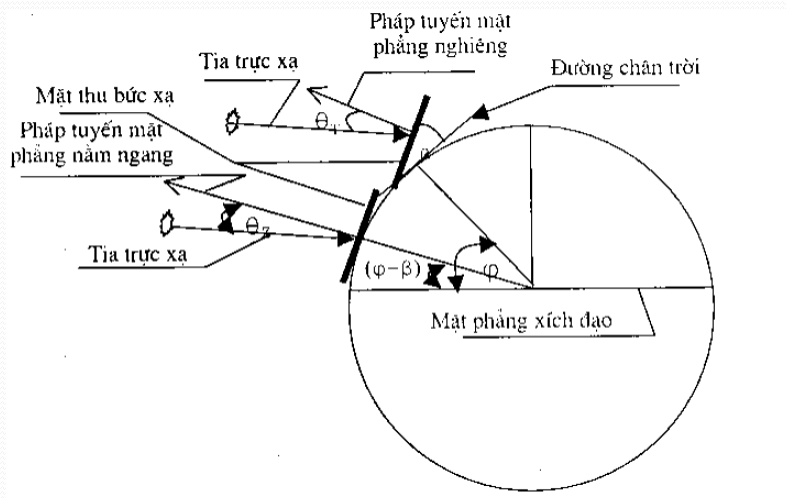
- Quan hệ giữa các loại góc đặc trưng ở trên có thể biểu diễn bằng phương trình giữa góc tới θ và các góc khác như sau:

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \sin\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos\beta - \sin\delta \cdot \cos\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma + \\ &\cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos\beta \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \sin\beta \cdot \cos\gamma \cdot \cos\omega + \cos\delta \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma \cdot \sin\omega \\ \text{và: } \cos\theta &= \cos\theta_z \cdot \cos\beta + \sin\theta_z \cdot \sin\beta \cdot \cos(\gamma_s - \gamma) \quad (2.7) \end{aligned}$$

- Đối với bề mặt nằm ngang góc tới θ chính là góc thiên đỉnh của mặt trời θ_z , giá trị của nó phải nằm trong khoảng 0^0 và 90^0 từ khi mặt trời mọc đến khi mặt trời ở thiên đỉnh ($\beta=0$)

$$\cos\theta_z = \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\phi \cdot \sin\delta$$

- Sự tương tự các góc φ và $(\varphi-\beta)$ trong các biểu thức trên



3.2 Hệ số chuyển đổi bức xạ từ mặt phẳng ngang sang mặt phẳng nằm nghiêng

3.2.1 Hệ số chuyển đổi bức xạ trực xạ.

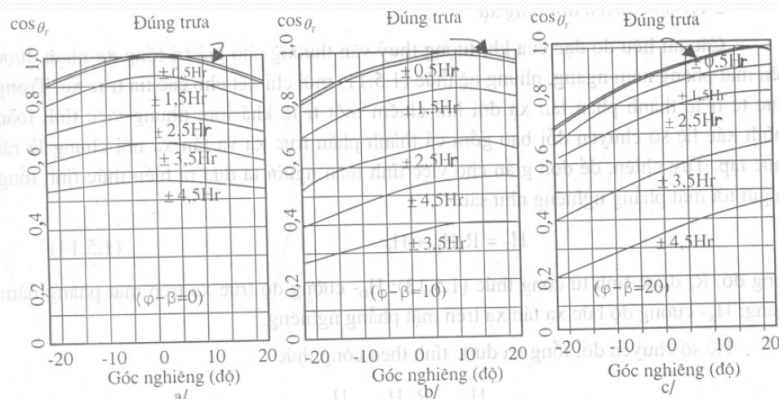
- Ta thấy rằng, các số liệu cho trong sổ tay bức xạ đều nhận trên mặt phẳng nằm ngang, nhưng trong thực tế các bộ thu lại được đặt trên mặt phẳng nghiêng, góc nghiêng phụ thuộc vĩ tuyến, vĩ tuyến càng lớn thì góc nghiêng càng lớn (ở bắc bán cầu đặt nghiêng hướng về phía nam và ngược lại) để có được góc tới θ_T là nhỏ nhất, hay bộ thu sẽ nhận được nhiều cường độ bức xạ nhất.
- Do đó, khi tính toán cho bộ thu ta phải sử dụng các hệ số chuyển đổi bức xạ trong sổ tay theo phương trình sau

$$\cos \theta_T = \sin \delta \sin(\varphi - \beta) + \cos \delta \cos(\varphi - \beta) \cos \omega$$

- Hệ thức chuyển đổi như sau:

$$R_b = \frac{H_T}{H} = \frac{H_n \cos \theta_T}{H_n \cos \theta_Z} = \frac{\cos \theta_T}{\cos \theta_Z} = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta + \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta}$$

- R_b được gọi là hệ số chuyển đổi trực xạ



Hình 1.5.7. Cosin góc nghiêng θ_T của mặt phẳng nghiêng hướng về xích đạo phụ thuộc góc $(\beta - \varphi)$. Theo Hottel và Woertz (1942), Hr- độ lệch lúc 12 giờ trưa và giờ quan sát.

- Các hình trên mô tả quan hệ giữa $\cos \theta_T$ phụ thuộc độ nghiêng và góc giờ ứng với các giá trị của $(\alpha - \beta) = 0, \pm 10, \pm 20$ độ.
- Nếu $(\alpha - \beta)$ có giá trị âm thì giá trị của $\cos \theta_T$ được lấy về phía âm trục hoành.
- Ngoài ra, chúng ta có thể tra giá trị của $\cos \theta_Z$ từ các hình trên, bằng cách coi giá trị ghi trên trục hoành là của góc φ , tương ứng với mặt phẳng nằm ngang $\beta = 0$

- **Ví dụ:** xác định hệ số chuyển đổi trực xạ R_b của bộ thu đặt tại vĩ tuyến $\varphi = 20^\circ$, với góc nghiêng $\beta = 30^\circ$, lúc 9h30 ngày 20 tháng 2

Tính góc lệch $\delta = -11,58^\circ$

Lúc 9h30, độ lệch giờ $H_r = (12 - 9,5) = 2,5$

Theo đề bài ta có: $(\varphi - \beta) = 20 - 30 = -10^\circ$

Tra hình ta có $\cos \theta_T = 0,61$, và $\cos \theta_Z = 0,85$

Suy ra $R_b = 0,61 / 0,85 = 0,7176$

3.2.1 Hệ số chuyển đổi bức xạ trực xạ.

- Các tài liệu đo đạc của khí tượng thủy văn cho giá trị tổng xạ nhận được trên mặt phẳng nằm ngang.
- Trong thực tế đôi khi thành phần tán xạ chiếm tỉ lệ khá lớn, nhưng việc tính toán cả hệ số tán xạ và trực xạ rất phức tạp.
- Để đơn giản, người ta đưa ra biểu thức như sau.

$$H_T = R_b H_D + H_K$$

Trong đó: R_b : hệ số chuyển đổi trực xạ

H_D : cường độ trực xạ trên mặt phẳng nằm ngang

H_K : cường độ bức xạ tán xạ trên mặt phẳng nghiêng

- Hệ số chuyển đổi tổng xạ được tính theo công thức.

$$R = \frac{H_T}{H} = \frac{R_b H_D}{H} + \frac{H_K}{H}$$

Ngoài 2 thành phần trực xạ và tán xạ, bộ thu còn nhận được thành phần thứ 3 là các phản xạ từ các vật trong môi trường xung quanh, được gọi là số Albedo.

Khi coi bầu trời là 1 mái vòm và các bức xạ tán xạ phân bố đồng đều từ mọi phía. Nếu có một mặt phẳng nào đó nằm nghiêng 1 góc β thì phải đưa thêm hệ số điều chỉnh sau đây:

- Khi coi bầu trời là 1 mái vòm thì thêm hệ số $(1 + \cos\beta)/2$
- Khi kể đến sự phản xạ bức xạ từ môi trường xung quanh với hệ số phản xạ ρ thì thêm hệ số

$$(H_D + H_K) \frac{(1 - \cos\beta)\rho}{2}$$

- Khi đó tổng xạ gởi đến mặt phẳng nghiêng bao gồm 3 đại lượng

$$H_T = R_b H_D + H_K \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + (H_D + H_K) \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \rho$$

- Hệ số chuyển đổi tổng xạ được tính bằng hệ thức

$$R = \frac{H_D R_b}{H} + \frac{H_K}{H} \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + \frac{(1 - \cos\beta)}{2} \rho$$

- Với $\rho = 0,2$ nếu môi trường không có tuyết
 $\rho = 0,7$ nếu môi trường có tuyết trắng

3.2 Bức xạ mặt trời ngoài khí quyển lên mặt phẳng nằm ngang

- Tại thời điểm bất kỳ, bức xạ mặt trời đến một bề mặt nằm ngang ngoài khí quyển được xác định theo phương trình

$$E_{o.ng} = E_o \left(1 + 0.033 \cdot \cos \frac{360n}{365} \right) \cdot \cos \theta_z$$

- Thay giá trị $\cos \theta_z$ vào phương trình trên ta có $E_{o.ng}$ tại thời điểm bất kỳ từ lúc mặt trời mọc đến khi mặt trời lặn:

$$E_{o.ng} = E_o \left(1 + 0.033 \cdot \cos \frac{360n}{365} \right) (\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta)$$

- Tính tích phân phương trình trên theo thời gian từ khi mặt trời mọc đến khi mặt trời lặn (6h đến 18h mặt trời), ta sẽ có được năng lượng bức xạ trên mặt phẳng nằm ngang trong 1 ngày.

$$E_{o,ngay} = \frac{24.3600E_o}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360t}{365} \right) \left(\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \cdot \sin \delta \right)$$

- Với ω_s là góc mặt trời lặn ($^\circ$), tức là góc giờ ω khi $\theta_z = 90^\circ$

$$\cos \omega_s = -\frac{\sin \phi \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta} = -\operatorname{tg} \phi \cdot \operatorname{tg} \delta$$

- Ngoài ra có thể tính năng lượng bức xạ cho 1 tháng bằng cách thay đổi giá trị n và δ trong các công thức trên lấy bằng giá trị trung bình của tháng và độ lệch δ tương ứng.
- Năng lượng bức xạ trên mặt phẳng nằm ngang trong một giờ nhất định có thể xác định.

$$E_{o,gio} = \frac{112 \times 3600}{\pi} E_o \left(1 + 0.033 \frac{360t}{365} \right) \left[\cos \phi \cdot \cos \delta (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2) + \frac{\pi(\alpha_2 - \alpha_1)}{180} \sin \phi \cdot \sin \delta \right]$$

- **Ví dụ:** Tính năng lượng bức xạ lên mặt phẳng ngang trong thời gian 1 ngày tại vị trí 30° Bắc, ngày 31 tháng 5 năm 2014.

- **Giải:**

$$\text{Với } n = 151 \text{ suy ra } \delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (284 + 151) \right] = 21.90^\circ$$

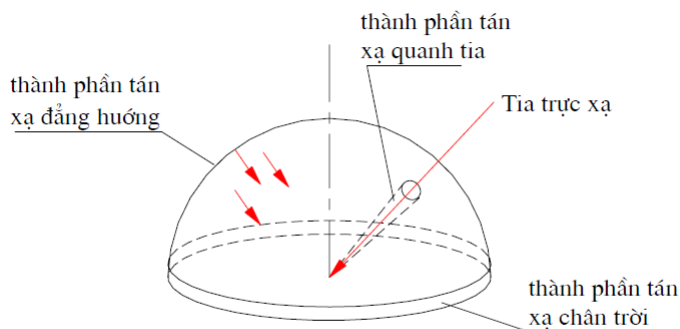
$$\text{Với } \phi = 30^\circ ; \omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) = 103.41^\circ$$

$$\text{Suy ra: } E_o = \frac{24 \times 3600 \times 1367}{\pi} \left[1.0 + \right.$$

3.3 Tổng cường độ bức xạ mặt trời lên bề mặt trên Trái đất

- Tổng bức xạ mặt trời bao gồm 2 thành phần: trực xạ và tán xạ
 - Phần trực xạ: được xác định ở trên
 - Phần tán xạ: khá phức tạp, nó phụ thuộc vào độ mây và độ trong suốt của khí quyển (các đại lượng này thay đổi khá nhiều)
- Có thể xem bức xạ tán xạ gồm 3 thành phần sau Hình 2.5:
- Tán xạ đẳng hướng: phần tán xạ nhận được đồng đều từ toàn bộ vòm trời

- Tán xạ quanh tia: phần tán xạ bị phát tán của bức xạ mặt trời quanh tia mặt trời.
- Tán xạ chân trời: phần tán xạ tập trung gần đường chân trời.



Hình 2.5. Sơ đồ phân bố các thành phần bức xạ khuếch tán.

- Như vậy, bức xạ mặt trời truyền đến một bề mặt nghiêng là tổng của các dòng bức xạ bao gồm: trực xạ E_b , 3 thành phần tán xạ E_{d1} , E_{d2} , E_{d3} và bức xạ phản xạ từ các bề mặt khác lân cận E_r

$$E_{\Sigma} = E_b + E_{d1} + E_{d2} + E_{d3} + E_r$$

- Tuy nhiên việc tính toán các đại lượng tán xạ rất phức tạp.
- Vì vậy, giả thuyết là sự kết hợp giữa bức xạ khuếch tán và bức xạ phản xạ của mặt đất là đẳng hướng, nghĩa là tổng của bức xạ khuếch tán từ bầu trời và bức xạ phản xạ của mặt đất là như nhau trong mọi trường hợp và không phụ thuộc vào hướng của bề mặt.
- Như vậy, tổng xạ trên bề mặt nghiêng sẽ bằng tổng của trực xạ $E_b \cdot B_b$ và tán xạ trên mặt phẳng nằm ngang E_d

- Khi đó, một bề mặt nghiêng tạo một góc β so với phương nằm ngang sẽ có tổng xạ bằng tổng xạ của 3 thành phần.

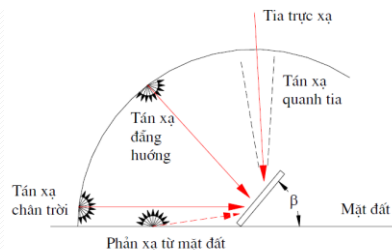
$$E_{\beta\Sigma} = E_b B_b + E_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + E_{\Sigma} R_g \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (2.15)$$

Trong đó : E_{Σ} là tổng xạ trên bề mặt nằm ngang,

$(1 + \cos \beta)/2 = F_{cs}$ là hệ số góc của bề mặt đối với bầu trời

$(1 - \cos \beta)/2 = F_{cg}$ là hệ số góc của bề mặt đối với mặt đất

R_g là hệ số phản xạ bức xạ của môi trường xung quanh.



Hình 2.6. Các thành phần bức xạ lên bề mặt nghiêng.

- Ta có, tỉ số bức xạ B_b của bề mặt nghiêng góc β so với bề mặt ngang

$$B_b = \frac{E_n}{E_{bng}} = \frac{E_n \cdot \cos \theta}{E_n \cdot \cos \theta_z} = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (2.16)$$

E_n là cường độ bức xạ mặt trời tới theo phương bất kỳ,

E_{bng} là bức xạ mặt trời theo phương vuông góc với mặt nằm ngang,

E_{bng} là bức xạ mặt trời theo phương vuông góc với mặt phẳng nghiêng,

$\cos \theta$ và $\cos \theta_z$ được xác định bởi các phương trình (2.16) trên và các góc được biểu diễn trên hình 2.4:

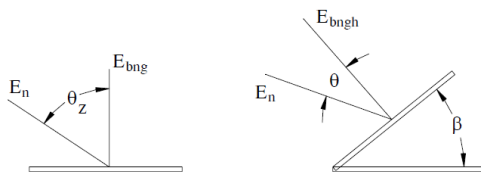
- Trong tính toán, có thể xem cường độ bức xạ tới mặt đất là hàm của thời gian τ , tính từ lúc mặt trời mọc, $\tau = 0$ đến khi mặt trời lặn $\tau = \tau_n/2$ với $\tau_n = 24.3600$ như sau:

$$E(\tau) = E_n \cdot \sin \varphi(\tau)$$

$\varphi(\tau) = \omega \cdot \tau$ là góc nghiêng tia nắng so với mặt đất,

$\omega = \frac{2\pi}{\tau_n} = \frac{2\pi}{24.3600} = 7,72 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s}$ là tốc độ góc tự xoay của trái đất

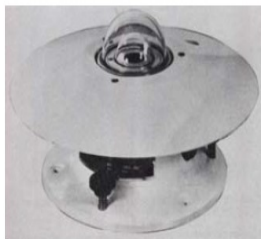
- $E_n[\text{W/m}^2]$ là cường độ bức xạ trong ngày, lấy trị trung bình cả năm theo số liệu đo lường thực tế tại vĩ độ cần xét



Hình 2.7. Bức xạ trực xạ trên bề mặt nằm ngang và nghiêng.

3.4 Đo cường độ bức xạ mặt trời

- Thiết bị đo thường có 2 loại:
 - Đo trực xạ như (pyrheliometer, actinometer)
 - Đo tổng xạ (pyranometer, solarimeter)



Hình 2.8: Nhật xạ kế - Pyranometer



Hình 2.9. Trực xạ kế

- Ngoài ra còn có thể sử dụng các đầu đo (sensor) bức xạ để đo tự động cường độ bức xạ tại một thời điểm bất kỳ nào đó



Hình 2.10. Đầu đo bức xạ



Hình 2.11. Thiết bị đo năng lượng bức xạ mặt trời hiện số.

Bài tập chương 2:

- Bài 1: Tính góc lệch δ cho các ngày sau đây 10/4, và 10/10?
- Bài 2: Tính góc θ_z lúc 10h, 12h và 14h của ngày 26/6 tại vĩ độ 20,3°B?
- Bài 3: Tính góc θ_T ứng với góc $\beta=30^\circ$ cùng số liệu ngày giờ của bài 2?
- Bài 4: Tính hệ số chuyển đổi R_b của bài 2 và bài 3 ở trên?
- Bài 5: Tính góc mặt trời ω lúc 8h30, 10h30, 12h00, 14h30 và 16h30 tại Cần Thơ có tọa độ (95B, 105.04Đ) vào ngày 10/4, 1/11?
- Bài 6: Tính góc độ cao mặt trời α tại các thời điểm 9h, 12h và 15h các ngày 27/5, 27/10 tại vĩ độ 20,3B?

Bài tập chương 2:

- Bài 7: Tính góc mặt trời mọc và mặt trời lặn ω_s của các ngày 5/5 và 7/12 ở vĩ tuyến 20,3B, và độ dài các ngày này?
- Bài 8: Tính tổng xạ gửi tới một mặt phẳng nghiêng với góc nghiêng $\beta=42^\circ$, và hệ số chuyển đổi R ? Biết tổng xạ và tán xạ tại thời điểm đo lúc 11h30 của ngày 7/8 ở vĩ tuyến 20,3B tương ứng là $H_D=835 \text{ W/m}^2$, $H_K = 215 \text{ W/m}^2$, hệ số phản xạ của môi trường xung quanh là $\rho = 0,2$.
- Bài 9: Tìm tỷ khối không khí m theo phương trực tiếp từ mặt trời ở Cần Thơ, vào lúc 14h30 phút ngày 20 tháng 3 năm 2023.

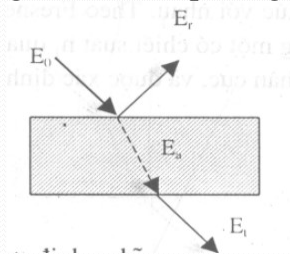
Chương 3: Tương tác chùm tia bức xạ với môi trường vật chất

I. Định nghĩa các hệ số tương tác của chùm tia bức xạ lên một vật.

a. Định nghĩa hệ số tương tác.

Giả sử 1 tia bức xạ mặt trời có năng lượng E_0 tác dụng lên 1 vật (không trong suốt) đặt trên Trái đất.

Khi đó sẽ có chùm tia gồm 3 thành phần gồm: phản xạ, hấp thụ và truyền qua



- Ta có, Phương trình cân bằng năng lượng

$$E_0 = E_r + E_a + E_t$$

Chia 2 vế cho E_0 , suy ra $E_r/E_0 + E_a/E_0 + E_t/E_0 = 1$

Trong đó, E_0 – năng lượng bức xạ tới

E_r – phần năng lượng bức xạ bị phản xạ của bề mặt vật thể

E_a – phần năng lượng bức xạ bị vật hấp thụ

E_t – phần năng lượng bức xạ được truyền qua

Các tỉ số được định nghĩa như sau:

$E_r/E_0 = \rho$ là hệ số phản xạ

$E_a/E_0 = \alpha$ là hệ số hấp thụ

$E_t/E_0 = \tau$ là hệ số truyền qua

$$\text{Suy ra: } \rho + \alpha + \tau = 1$$

- Nếu $\alpha = \tau = 0$ thì $\rho = 1$, ta có vật trắng tuyệt đối, phản xạ hoàn toàn.
 - Nếu $\rho = \tau = 0$ thì $\alpha = 1$, ta có vật đen tuyệt đối, hấp thụ hoàn toàn.
 - Nếu $\rho = \alpha = 0$ thì $\tau = 1$, ta có vật trong suốt tuyệt đối.
- => Thực tế không có vật thể nào là tuyệt đối ($\rho, \alpha, \tau < 1$)

=> Khi $\rho, \alpha, \tau \neq 0$ – vật thể được gọi là vật mờ

=> Dựa vào đặc tính của vật thể mà người ta ứng dụng vào chế tạo thiết bị khác nhau để thu NLMT.

b. Thiết lập các biểu thức hệ số bức xạ tác dụng với tấm kính dày

Xét các hệ số phản xạ, truyền qua và hấp thụ với vật không trong suốt (Kính xây dựng).

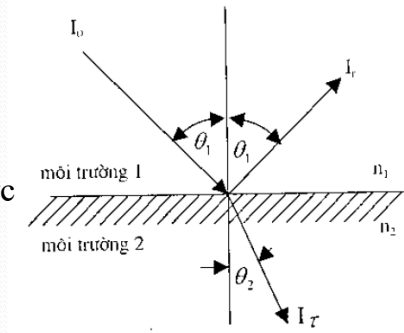
Khả năng truyền qua bề mặt vật thể thì phụ thuộc vào chiều dài bước sóng λ , và góc tới của chùm tia bức xạ vào chiết suất n của môi trường đó và hệ số suy giảm k khi xuyên qua lớp vật liệu này.

1. Hệ số phản xạ.

- Xét hiện tượng phản xạ trên bề mặt qua 2 môi trường khác tiếp xúc với nhau. Theo Fresnel:

$$\rho = \frac{I_r}{I_0} = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)} + \frac{\tan^2(\theta_2 - \theta_1)}{\tan^2(\theta_2 + \theta_1)} \right]$$

- I_0 - cường độ bức xạ tới của bức xạ mặt trời
- I_r - cường độ bức xạ phản xạ trên bề mặt kính
- θ_1, θ_2 - tương ứng góc tới và góc khúc xạ



Hiện tượng phản xạ qua 2 môi trường

- Vì ánh sáng tự nhiên sau khi phản xạ sẽ trở thành ánh sáng phân cực, nên:

$\frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 + \theta_1)}$ là thành phần vuông góc của tia phân cực

$\frac{\tan^2(\theta_2 - \theta_1)}{\tan^2(\theta_2 + \theta_1)}$ là thành phần song song của tia phân cực

=> Vì vậy có thể coi hệ số phản xạ của ánh sáng tự nhiên là trung bình cộng của 2 thành phần trên

- Theo Snell, thì n_1 , n_2 và các góc tới và góc khúc xạ θ_1 , θ_2 có liên hệ như sau:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

Khi tia tới trùng với phương pháp tuyến của mặt phản xạ thì θ_1 , θ_2 xấp xỉ bằng 0, Ta có:

$$\rho = \frac{I_\tau}{I_0} = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

Nếu môi trường 1 là không khí $n = 1$, ta có

$$\rho = \frac{I_\tau}{I_0} = \left(\frac{n_1 - 1}{n_1 + 1} \right)^2$$

- **Ví dụ 1:** Tính hệ số phản xạ trên mặt kính khi góc tới bằng 0° và bằng 60° , chiết suất của thủy tinh, $n = 1.526$.

Giải:

- **Khi góc tới bằng 0°**

$$\rho = \left(\frac{1,526 - 1,0}{1,526 + 1,0} \right)^2 = \left(\frac{0,526}{2,526} \right)^2 = 0,0434$$

- **Khi góc tới bằng 60°**

Tính góc khúc xạ θ_2

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin 60}{1,526} \right) = 34,47^\circ$$

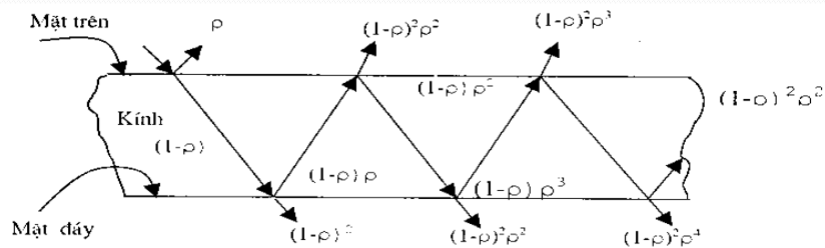
$$\rho = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(34,47 - 60)}{\sin^2(34,47 + 60)} + \frac{\tan^2(34,47 - 60)}{\tan^2(34,47 + 60)} \right] = 0,093$$

2. Hệ số truyền qua.

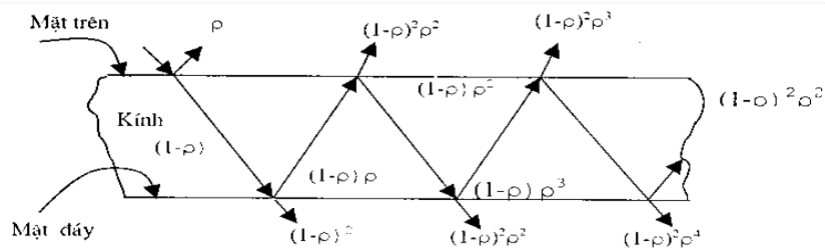
Trong các thiết bị thu bức xạ NLMT thường được phủ các loại vật liệu dạng tấm mỏng hoặc màng mỏng trong suốt.

Cả 2 loại đều có 2 mặt phân cách (mặt trên và mặt dưới) với môi trường không khí.

Do đó, khi tính hệ số truyền qua cần loại bỏ phần bức xạ đã bị phản xạ trên 2 mặt đó.



- Giả sử có 1 tia bất kỳ, sau khi chiếu vào Mặt Trên sẽ bị phản xạ lại 1 lượng là ρ , nên sau khi qua khỏi mặt trên thì cường độ chỉ còn $(1-\rho)$ và khi đến Mặt Đáy cũng bị phản xạ 1 lượng $(1-\rho)\rho$, và phần năng lượng qua Mặt Đáy chỉ còn $(1-\rho)^2$. Phần còn lại sẽ phản xạ từ Mặt Đáy 1 lượng là $(1-\rho)\rho$ lên tới đáy của Mặt Trên và thoát ra ngoài môi trường $(1-\rho)^2\rho^2$, phần còn lại phản xạ từ mặt đáy của mặt trên về Mặt Đáy là $(1-\rho)\rho^2 \dots$ v.v. cứ tiếp tục cho đến khi năng lượng của tia đó bằng 0 thì kết thúc.



Tổng của tất cả các số hạng sau n lần phản xạ có dạng như sau:

- Nếu hệ chỉ có 1 lớp kính phủ thì hệ số truyền qua khi chưa kể đến hiện tượng hấp thụ của kính phủ là:

$$\tau_{r,1} = (1 - \rho)^2 \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{2n} = \frac{(1-\rho)^2}{(1+\rho)^2} = \frac{(1-\rho)}{(1+\rho)}$$

- Nếu hệ chỉ có N lớp kính phủ cùng vật liệu thì hệ số truyền qua khi chưa kể đến hiện tượng hấp thụ của kính phủ là:

$$\tau_{r,N} = \frac{(1-\rho)}{1 + (2N-1)\rho}$$

Biểu thức này chứa 2 thành phần phân cực nên khi tính toán hệ số truyền qua đối với ánh sáng tự nhiên phải lấy giá trị trung bình của cả 2 thành phần.

- **Ví dụ 2:** Tính hệ số truyền qua của hệ 2 tấm kính phủ ứng với các góc tới bằng 0^0 và 60^0

Giải:

- Với góc tới bằng 0^0 của hệ N = 2 tấm kính,

$$\text{Tìm } \rho = \left(\frac{1,526 - 1,0}{1,526 + 1,0} \right)^2 = \left(\frac{0,526}{2,526} \right)^2 = 0,0434$$

Hệ số truyền qua khi góc tới bằng 0^0

$$\tau_r(0) = \frac{(1 - 0,0434)}{1 + (2 \times 2 - 1)0,0434} = 0,85$$

- Với góc tới bằng 60^0 của hệ $N = 2$ tấm kính,

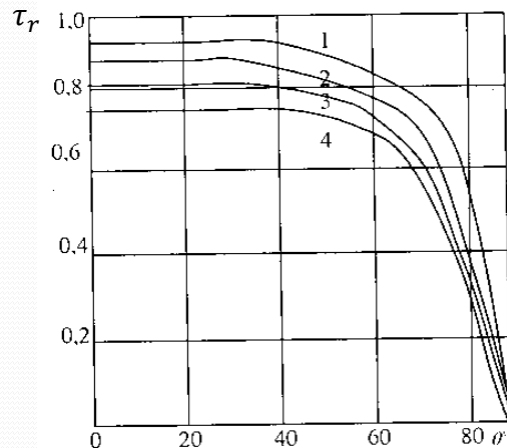
$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin 60}{1,526} \right) = 34,47^0$$

$$\rho = \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(34,47-60)}{\sin^2(34,47+60)} + \frac{\text{tg}^2(34,47-60)}{\text{tg}^2(34,47+60)} \right] = \frac{1}{2} (0,185+0,001) = 0,093$$

Hệ số truyền qua khi góc tới bằng 60^0

$$\tau_r(60) = \frac{1}{2} \left(\frac{(1-0,185)}{1+(2x2-1)0,185} + \frac{(1-0,001)}{1+(2x2-1)0,001} \right) = 0,76$$

- Trường hợp hệ có nhiều tấm phủ và góc tới thay đổi từ 0 đến 90^0 theo Hottel và Woertz đã cho đồ thị với 4 lớp phủ như hình 2.



Hình 2: Khả năng truyền qua phụ thuộc số tấm kính và góc tới θ

3. Hệ số truyền qua có thể kể đến hấp thụ khi xuyên qua môi trường.

Khi bức xạ truyền qua môi trường không trong suốt sẽ bị vật hấp thụ một phần năng lượng theo định luật Bouguer.

$$dI = I_0 \cdot k \cdot dx$$

Với: I_0 là cường độ định xứ của môi trường

dx là quãng đường mà bức xạ đi qua

k là hệ số suy giảm của môi trường, là hằng số đối với bức xạ mặt trời

- Lấy tích phân 2 vế của phương trình cho cả chiều dày l của tấm, ta được.

$$\tau_\alpha = \frac{I_l}{I_0} = e^{-kl}$$

Giá trị của k phụ thuộc vào tính chất của vật liệu (cm^{-1})

+ Kính có màu xanh, $k = 0,4$

+ Kính có màu trắng, $k = 0,32$

=> Ta nhận thấy rằng, khi bức xạ truyền qua môi trường không trong suốt sẽ tổn hao năng lượng do hiện tượng phản xạ và hiện tượng hấp thụ, do đó.

$$\tau = \tau_r \tau_\alpha$$

- **Ví dụ 3:** Tính hệ số truyền qua hai tấm kính có cùng chiều dày 0,23cm của chùm tia bức xạ với các góc tới 0^0 và 60^0 , biết hệ số suy giảm $k = 0,161/\text{cm}$

Giải:

- Độ suy giảm sau khi đi qua 1 tấm kính khi góc tới bằng 0^0

$$kl = 0,23 \times 0,161 = 0,037$$

Hệ số truyền qua bị suy giảm khi qua 2 tấm kính là

$$\tau_{\alpha}(0) = e^{-2 \times 0,037} = 0,93$$

Hệ số truyền qua có phản xạ

$$\tau_r(0) = \frac{(1-0,0434)}{1+(2 \times 2-1)0,0434} = 0,85$$

- Khi đó, hệ số truyền qua toàn phần là

Với góc tới $\theta = 0^0$,

$$\tau(0) = \tau_r(0) \cdot \tau_{\alpha}(0) = 0,85 \times 0,93 = 0,79$$

Với góc tới $\theta = 60^0$,

$$\text{Ta có: } \theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin 60}{1,526} \right) = 34,47^0$$

$$\tau_{\alpha}(60) = e^{-2 \times 0,037 / \cos(34,47)} = 0,914$$

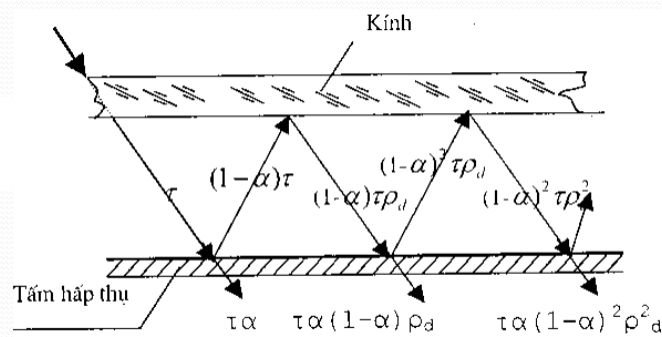
$$\tau_r(60) = \frac{1}{2} \left(\frac{(1-0,185)}{1+(2 \times 2-1)0,185} + \frac{(1-0,001)}{1+(2 \times 2-1)0,001} \right) = 0,76$$

$$\text{Suy ra, } \tau(60) = \tau_r(60) \cdot \tau_{\alpha}(60) = 0,76 \times 0,914 = 0,695$$

3. Hệ số hấp thụ tích hợp trên tấm hấp thụ.

Khi phân tích chi tiết quá trình hấp thụ của tấm hấp thụ trong bộ thu bức xạ, ta thấy rằng chỉ có 1 phần năng lượng sau khi xuyên qua N lớp kính mới đến tấm hấp thụ, được gọi là hệ số truyền qua τ .

- Xét quá trình hấp thụ năng lượng trên tấm hấp thụ như hình 3



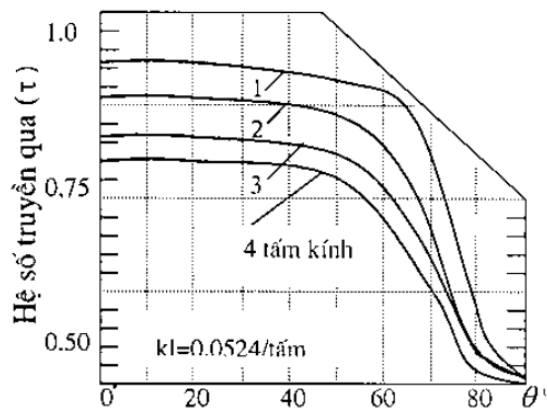
Hình 3: Mô tả quá trình hấp thụ năng lượng trên tấm hấp thụ

- Giả sử có 1 tia bức xạ sau khi xuyên qua hệ thống tấm phủ có hệ số truyền qua là $\tau = \tau_a \tau_r$ và đập lên mặt tấm hấp thụ có hệ số hấp thụ α , sẽ bị hấp thụ một lượng $\tau\alpha$.
- Do tấm hấp thụ không phải vật đen tuyệt đối nên sẽ phản xạ lại 1 lượng $(1-\alpha)\tau$ lên mặt đáy của tấm kính, rồi lại bị phản xạ trở lại tấm hấp thụ một lượng $(1-\alpha)\tau\rho_d$. Khi đó, tấm hấp thụ thu được một lượng $\tau\alpha(1-\alpha)\rho_d$, tiếp tục tia bị phản xạ ngược lại tấm kính một lượng $(1-\alpha)^2\tau\rho_d$. Quá trình diễn ra liên tục cho đến khi năng lượng của tia bằng không thì kết thúc.
- Khi qua n lần hấp thụ, tổng hệ số hấp thụ của tấm hấp thụ là:

$$(\tau\alpha) = \tau\alpha \sum_{n=0}^{\infty} [(1-\alpha)\rho_d]^n = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_d}$$

$(\tau\alpha)$ là hệ số hấp thụ tích hợp; ρ_d là hệ số phản xạ từ mặt đáy của tấm kính cuối cùng

- Để đơn giản tính toán có thể dùng đồ thị để tra hệ số truyền qua của hệ nhiều tấm kính như hình. Số tấm kính $N = 1, 2, 3, 4$ và độ suy giảm $kl = 0,0524$



Hình 4: Hệ số truyền qua phụ thuộc góc tới

- **Ví dụ 4:** Tính hệ số hấp thụ tích hợp của bộ thu với 3 lớp kính phủ, độ suy giảm mỗi tấm $k_l = 0,0524$, hệ số hấp thụ của tấm hấp thụ $\alpha = 0,94$, và góc tới chùm tia bức xạ $\theta = 55^\circ$

Giải:

Tra hình 4 với góc 55° ta được $\tau = \tau_r \tau_\alpha = 0,57$, tra hình 2 với góc 55° ta được $\tau_d = (1,0 - 0,75) = 0,25$.

$$\text{Suy ra: } (\tau\alpha) = \frac{0,94 \times 0,57}{1 - (1 - 0,94) \times 0,25} = 0,5439$$

C. Chất hấp thụ.

Chất hấp thụ trong kỹ thuật nhiệt NLMT phải có hệ số hấp thụ α cao và hệ số phát xạ ε hay độ đen bé. Để có được dạng vật chất đáp ứng yêu cầu trên cần công nghệ phức tạp và giá thành cao.

1. Chất hấp thụ thường.

Là chất hấp thụ khi ở cùng một nhiệt độ thì hệ số hấp thụ và hệ số phát xạ gần bằng nhau. Ví dụ, bô hóng trộn epoxy có $\varepsilon = 0,89$ và $\alpha = 0,96$; sơn đen có $\varepsilon = 0,98$ và $\alpha = 0,98$, ...

Trong thực tế thì sơn đen trộn với một số oxit kim loại hay bột kim loại để tăng độ nhám được ứng dụng nhiều, do giá thành rẻ, nhưng nhược điểm là dễ bong tróc, rạn nứt.

2. Chất hấp thụ lý tưởng và chất hấp thụ lựa chọn.

Chất hấp thụ lý tưởng là chất có thể hấp thụ hoàn toàn năng lượng bức xạ mặt trời trong dãy bước sóng $0,29 < \lambda < 3\mu\text{m}$ và phát xạ yếu đối với bước sóng lớn hơn $3\mu\text{m}$ ở nhiệt độ từ 50°C đến 150°C .

Chất hấp thụ lựa chọn có đặc tính gần chất hấp thụ lý tưởng. Sử dụng chất hấp thụ lựa chọn có thể cho hiệu suất bộ thu phẳng tăng lên 10% đến 15% so với chất hấp thụ thường.

Bảng 2.1: chất hấp thụ lựa chọn và cách chế tạo

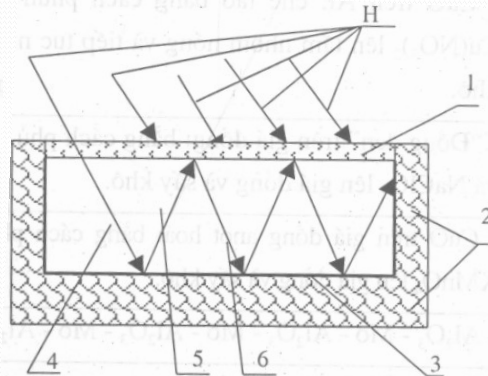
Chất hấp thụ lựa chọn và cách chế tạo	α	ϵ
- "Nickel đen" chế tạo bằng cách phủ các lớp oxit và sunfit Ni và Zn trên giá nickel đánh bóng.	0,91-0,94	0,11
- "Nickel đen" với các lớp oxit và sunfit Ni và Zn phủ trên giá tôn trắng kẽm.	0,39	0,12
- CuO trên giá nickel	0,81	0,17
- CuO trên Al: chế tạo bằng cách phun dung dịch loãng $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ lên tấm nhôm nóng và tiếp tục nung nóng đến khi khô.	0,93	0,11
- "Đồng đen" trên giá đồng: bằng cách phủ dung dịch NaOH và NaClO_2 lên giá đồng và sấy khô.	0,9	0,17
- CuO trên giá đồng anot hoá: bằng cách phun $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ - KMnO_4 lên giá đồng và sấy khô.	0,85	0,11
- Al_2O_3 - Mo - Al_2O_3 - Mo - Al_2O_3 - Mo - Al_2O_3	0,91	0,085
- Tinh thể PbS trên giá nhôm	0,89	0,20

II. Hiệu ứng nhà kính.

Nguyên lý hiệu ứng nhà kính: Phần lớn bức xạ mặt trời có bước sóng $\lambda < 0,7 \mu\text{m}$ có khả năng truyền qua được lớp phủ trong suốt, còn bức xạ có bước sóng $> 0,7 \mu\text{m}$ đều bị kính ngăn lại.

Hình 2.2.1_Sơ đồ cấu tạo hộp bảo nhiệt -"hiệu ứng nhà kính":

- H- bức xạ Mặt Trời;
 1- tấm kính đáy;
 2- lớp cách nhiệt;
 3- tấm hấp thụ;
 4- tia vào có bước sóng ngắn;
 5- tia nhiệt có bước sóng dài phát xạ từ tấm hấp thụ;
 6- tia nhiệt bị phản xạ ngược về tấm hấp thụ.



- Ta khảo sát một buồng kín hình hộp như mô tả ở hình bên 2.2.1. mặt trên được đặt tấm kính (1), thành xung quanh được làm bằng vật liệu cách nhiệt tốt (2), mặt trên của đáy được phủ một tấm kim loại sơn đen, dẫn nhiệt tốt, được gọi là tấm hấp thụ (3).
- Tia bức xạ mặt trời (H) sau khi xuyên qua tấm kính (1) sẽ đến bề mặt tấm hấp thụ và làm cho tấm hấp thụ này nóng lên, khi đó tấm hấp thụ trở thành nguồn nhiệt phát ra các tia bức xạ thứ cấp có bước sóng $\lambda > 0,7 \mu\text{m}$ hướng ra mọi phía.

- Nhờ nhận liên tục các bức xạ Mặt trời và những bức xạ thứ cấp có bước sóng bị chặn lại do tấm kính (1), nên tấm hấp thụ ngày càng nóng lên và năng lượng bên trong hộp kính cũng tăng lên.
- Khi năng lượng bên trong hộp và lượng thất thoát (do dẫn nhiệt, đối lưu, bức xạ ...) được cân bằng với nhau, khi đó nhiệt độ bên trong hộp có thể đạt đến 130-150°C.

Bài tập chương 3

- Bài 1: Tính hệ số phản xạ của bề mặt một tấm kính với các góc tới 30° , 45° , 60° . biết chiết suất của kính là $n=1,526$.
- Bài 2: tính hệ số truyền qua τ của hệ 2 tấm kính, chiều dày mỗi tấm là 0,5cm, hệ số suy giảm $k=0,175/\text{cm}$, và hệ số phản xạ $\rho=0,85$, với các góc tới bằng 30° , 45° , 60° ?
- Bài 3: Tính hệ số hấp thụ truyền qua ($\tau\alpha$) của hệ gồm kính có hệ số phản xạ $\rho_d = 0,875$ và một mặt hấp thụ có hệ số hấp thụ $\alpha = 0,94$? Biết sau khi qua kính thì hệ số truyền qua $\tau=0,860$

- Bài 4: Tính hệ số hấp thụ truyền qua (τ) khi chiếu một chùm tia bức xạ có góc tới bằng 54° lên hệ gồm 2 tấm kính chiều dày 0,4cm, hệ số suy giảm $k=0,161/\text{cm}$, hệ số phản xạ $\rho_d = 0,85$ và một mặt hấp thụ có hệ số hấp thụ $\alpha = 0,95$, chiết suất của kính là $n=1,526$

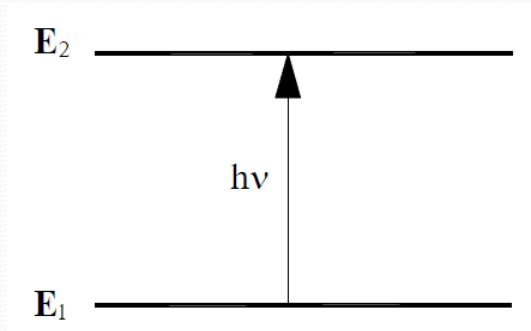
CHƯƠNG 4

CẤU TẠO VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

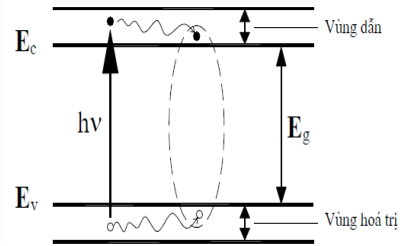
1. Hiệu ứng quang điện

- Hiệu ứng quang điện được phát hiện vào năm 1839 bởi nhà vật lý người Pháp Alexandre Edmond Becquerel. Tuy nhiên, cho đến năm 1883 một pin NL mới được tạo thành, bởi Charler Fritts, ông phủ lên mạch bán dẫn selen một lớp cực mỏng vàng để tạo nên mạch nối.
- Rusell Ohl được xem là người tạo ra pin NLMT đầu tiên năm 1946, với hiệu suất khoảng 1%.
- Sau đó Sven Ason Berglund đã có các phương pháp cải tiến hiệu năng hấp thụ năng lượng của pin

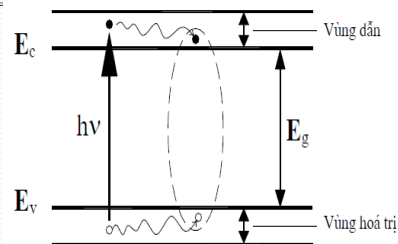
- Xét một hệ 2 mức năng lượng điện tử $E_1 < E_2$ như hình.
- Bình thường điện tử có mức năng lượng thấp hơn là E_1 . khi nhận bức xạ mặt trời, lượng tử ánh sáng photon có năng lượng $h\nu$ (với h là hằng số Planck, ν là tần số ánh sáng) bị điện tử hấp thụ và chuyển mức năng lượng E_2 .
- Phương trình cân bằng năng lượng là: $h\nu = E_2 - E_1$



- Trong các vật thể rắn, do tương tác rất mạnh của mạng tinh thể lên các điện tử vòng ngoài, nên các mức năng lượng của nó bị tách ra nhiều mức năng lượng sát nhau và tạo nên các vùng năng lượng.
- Vùng năng lượng thấp bị các điện tử cân bằng chiếm đầy ở trạng thái cân bằng gọi là vùng hóa trị, có mức năng lượng E_v



- Vùng năng lượng phía trên hoàn toàn trống hoặc chỉ chiếm 1 phần nên gọi là vùng dẫn, có năng lượng là E_g



- Khi nhận bức xạ mặt trời, photon có năng lượng $h\nu$ tới hệ thống và bị điện tử ở vùng hóa trị hấp thụ và có thể chuyển lên vùng dẫn để thành điện tử tự do e^- khi đó sẽ để lại vùng hóa trị 1 lỗ trống, có thể coi như hạt mang điện dương h^+
- Lỗ trống này có thể di chuyển và tham gia vào quá trình dẫn điện

- Hiệu ứng lượng tử của quá trình hấp thụ được biểu diễn bằng phương trình

$$E_v + hv \rightarrow e^- + h^+$$

- Điều kiện để điện tử có thể hấp thụ năng lượng photon và chuyển từ vùng hóa trị lên vùng dẫn, tạo ra cặp điện tử – lỗ trống là $hv = hc/\lambda \geq E_g = E_c - E_v$

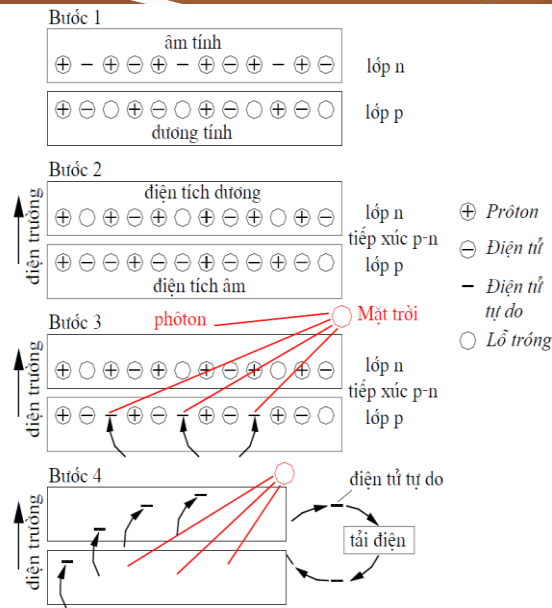
- Khi đó ta có thể tính được bước sóng tới hạn λ_c

$$\lambda_c = \frac{hc}{E_c - E_v} = \frac{hc}{E_g} = \frac{1,24}{E_g}, [\mu\text{m}]$$

- Các hạt dẫn e^- và h^+ sau khi bị kích thích thì chúng sẽ tự phục hồi và chuyển động đến mặt các vùng năng lượng: điện tử e^- sẽ giải phóng năng lượng để chuyển đến mặt của vùng dẫn E_c , còn lỗ trống h^+ chuyển đến mặt của E_v
- Quá trình phục hồi xảy ra rất ngắn trong khoảng 10^{-12} đến 10^{-1} giây và gây ra dao động mạnh photon.
- Năng lượng tổn hao trong quá trình hồi phục là:

$$E_{hp} = hv - E_g$$

Hiệu ứng quang điện bên trong là khi điện tử ở vùng hóa trị hấp thụ năng lượng photon $h\nu$ và chuyển lên vùng dẫn tạo ra cặp hạt dẫn điện tử – lỗ trống e^- và h^+ , hay tạo ra một hiệu điện thế.



Hình 3.3 Nguyên lý hoạt động của pin mặt trời

2. Hiệu suất của quá trình biến đổi quang điện

- Hiệu suất giới hạn về mặt lý thuyết η của quá trình biến đổi quang điện của hệ thống 2 mức như sau:

$$\eta = \frac{E_g \int_0^{\lambda_c} J_o(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} J_o(\lambda) \left[\frac{hc}{\lambda} \right] d\lambda}$$

- Trong đó:

$J_o(\lambda)$ là mật độ photon có bước λ

$J_o(\lambda)d\lambda$ là tổng số photon tới có bước sóng trong khoảng $\lambda \div \lambda + d\lambda$

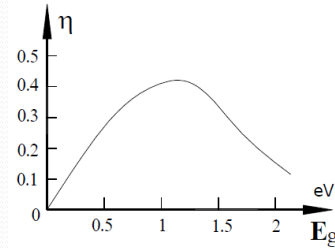
hc/λ là năng lượng của photon

- Năng lượng hữu ích trong quá trình quang điện

$$E_g = \int_0^{\lambda_g} J_o(\lambda) d\lambda$$

- Tổng năng lượng các photon

$$\int_0^{\infty} J_o(\lambda) \left[\frac{hc}{\lambda} \right] d\lambda$$



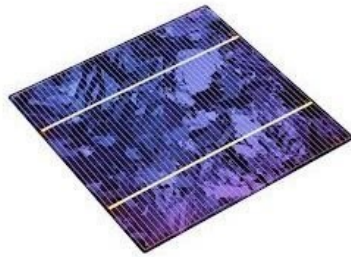
Hình 3.4. Quan hệ $\eta(E_g)$

- Ta thấy rằng hiệu suất η là một hàm của E_g
- Đối với chất bán dẫn silicon thì hiệu suất $\eta \leq 0,44$

3. Cấu tạo pin mặt trời

- Hiện nay vật liệu chủ yếu cho pin mặt trời là các silic tinh thể. Có thể chia thành 3 loại.
 - Một tinh thể hay đơn tinh thể modul sản xuất dựa trên quá trình Czochralski. Đơn tinh thể này có hiệu suất tới 16%. Chúng rất đắt tiền
 - Đa tinh thể làm từ các thỏi đúc, được đúc từ silic nóng chảy được làm nguội và làm rắn. Giá thành rẻ hơn đơn tinh thể, tuy nhiên hiệu suất kém hơn. Tuy nhiên có thể tạo thành các tấm vuông che phủ bề mặt nhiều hơn đơn tinh thể để nâng hiệu suất.

- Dải silic tạo từ các miếng phim mỏng từ silic nóng chảy và có cấu trúc đa tinh thể. Loại này có hiệu suất thấp nhất nhưng giá thành rẻ nhất.



**Poly-Crystalline
Solar Cell**



**Mono-Crystalline
Solar Cell**

Lớp tiếp xúc bán dẫn pn có khả năng biến đổi trực tiếp năng lượng bức xạ mặt trời thành điện năng nhờ hiệu ứng quang điện bên trong gọi là pin mặt trời.

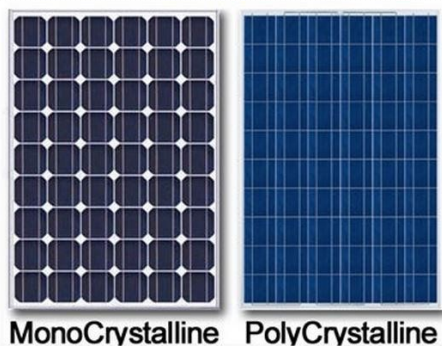
Vật liệu chế tạo pin mặt trời phổ biến hiện nay là silicon (Si) hóa trị 4.

Để có được vật liệu tinh thể bán dẫn Si loại n, người ta sẽ pha tạp chất donor là photpho có hóa trị 5.

Để có được vật liệu tinh thể bán dẫn Si loại p, người ta sẽ pha tạp chất acceptor là Bo có hóa trị 3.

Hiện nay người ta đã chế tạo pin mặt trời bằng vật liệu Si vô định hình (a-Si). So với pin mặt trời bằng Si thì pin làm từ a-Si có hiệu suất thấp hơn, nhưng giá thành thấp hơn.

Ngoài Si, người ta còn đang nghiên cứu các vật liệu mới như Sunfit cadmi-đồng (CuCds), gallium arsenit (GaAs),...



CHƯƠNG 5

THIẾT BỊ NHIỆT MẶT TRỜI

1. Cơ sở lý thuyết tính toán thiết bị

1.1 Các định luật cơ bản về bức xạ

• Định luật Planck

Định luật Planck thiết lập mối quan hệ giữa năng suất bức xạ đơn sắc của vật đen tuyệt đối với bước sóng và nhiệt độ của vật.

$$E_{\omega\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \cdot e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1}$$

trong đó

C_1, C_2 [m.K] - các hằng số Planck:

$C_1 = 0,374 \cdot 10^{-15} \text{ W.m}^2$;

$C_2 = 1,439 \cdot 10^{-2} \text{ m.K}$

λ , [m] - chiều dài bước sóng,

T , [K] - nhiệt độ tuyệt đối,

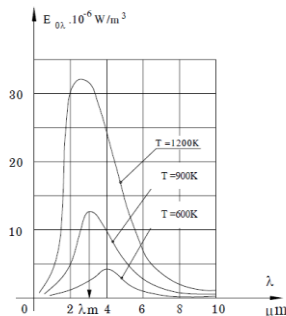
Từ biểu thức trên ta thiết lập đồ thị quan hệ $E_{\omega\lambda} = f(\lambda)$ ở các nhiệt độ khác nhau.

$E_{\omega\lambda}$ sẽ đạt giá trị max ở một giá trị λ_{\max} nào đó.

Với λ_{\max} có thể tính như sau:

$$\frac{\partial E_{\omega\lambda}}{\partial \lambda} = e^{-\frac{C_2}{\lambda_{\max} \cdot T}} + \frac{C_2}{5 \cdot \lambda_{\max} \cdot T} - 1 = 0$$

Giải ra ta có: $\lambda_{\max} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$



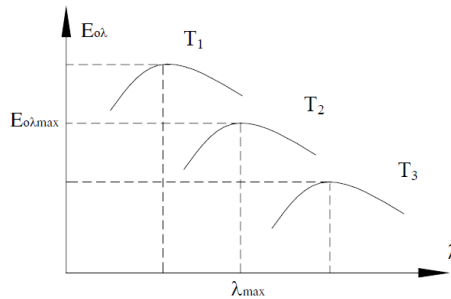
Hình 4.1. Hàm phân bố $E_{\omega\lambda}$ theo λ và T

Định luật dịch chuyển Wien:

Khi vật nhiệt độ T có cường độ bức xạ lớn nhất thì sóng λ_{\max} sẽ có quan hệ với nhiệt độ theo biểu thức sau:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$$

Vậy khi nhiệt độ T càng lớn thì λ_{\max} càng nhỏ



Hình 4.2. Định luật dịch chuyển Wien.

Định luật Stephan- Boltzmann:

Định luật Stephan- Boltzmann thiết lập mối quan hệ giữa năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối với nhiệt độ. *Năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối tỷ lệ với nhiệt độ mũ 4.*

$$E_o = \int_{\lambda=0}^{\infty} E_{\omega\lambda} \cdot d\lambda$$

$$\text{hay : } E_o = \sigma_o \cdot T^4, [\text{W/m}^2]$$

$$\text{hay : } E_o = C_o \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4, [\text{W/m}^2]$$

trong đó :

$\sigma_o = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ - hằng số bức xạ của vật đen tuyệt đối,

$C_o = 10^8 \cdot \sigma_o = 5,67, \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ - hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối,

- Định luật Stephan-Boilzmann có thể sử dụng cho vật xám (A#1)

$$E = C \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4, [\text{W/m}^2]$$

với C, $[\text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4]$ - hệ số bức xạ của vật xám

- Từ các biểu thức trên, nếu đặt $\frac{E}{E_o} = \frac{C}{C_o} = \varepsilon$ gọi là độ đen của vật,
- Khi đó, $E = \varepsilon \cdot C_o \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4$

- **Định luật Kirchoff:** thiết lập mối quan hệ giữa năng suất bức xạ riêng của một vật với năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối $A = 1$.

- Ở trạng thái cân bằng về nhiệt, thì tỷ số giữa năng suất bức xạ và hệ số hấp thụ của bất kỳ vật thể nào cũng như năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối ở cùng nhiệt độ, và cũng chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.
- Giả sử có n vật có năng suất bức xạ là E_1, E_2, \dots, E_n và các hệ số hấp thụ lần lượt là A_1, A_2, \dots, A_n . Các vật này có nhiệt độ như nhau

- Theo định luật Kirchoff ta có.

$$\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \dots = \frac{E_n}{A_n} = E_0 = f(T)$$

- E_0 – năng suất bức xạ của vật đen tuyệt đối có cùng nhiệt độ.
- Từ biểu thức định luật Kirchoff suy ra.

$$E = E_0 \cdot A$$

$$\text{Hay } A = \varepsilon$$

2. Lý thuyết về bộ thu kiểu lồng kính

- Hầu hết các bộ thu NLMT đều sử dụng kính làm vật liệu che phủ bề mặt bộ thu vì tính chất quang học ưu việt của nó.

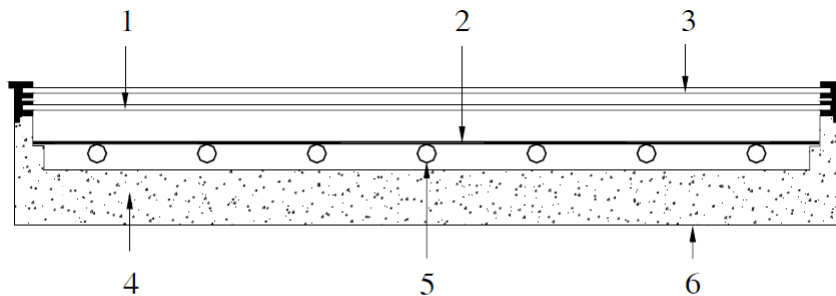
2.1 Hiệu ứng lồng kính

- Hiệu ứng lồng kính là hiện tượng tích lũy năng lượng bức xạ của mặt trời dưới 1 tấm kính hoặc 1 lớp khí nào đó, ví dụ CO_2 hoặc N_{ox}
- *Có thể giải thích hiệu ứng lồng kính như sau: tấm kính hoặc lớp khí có độ trong đơn sắc D_λ giảm dần khi bước sóng λ tăng.*

- Còn bước sóng λ_m khi E_λ cực đại, là bước sóng mang nhiều năng lượng nhất, thì lại giảm theo định luật Wien $\lambda = 2,9.10^{-3}/T$
- Bức xạ mặt trời, phát ra từ nguồn nhiệt độ cao $T_0 = 5762K$, có năng lượng tập trung quanh sóng $\lambda_{m0} = 0,5\mu m$, sẽ xuyên qua kính hoàn toàn, vì $D(\lambda_{m0}) \approx 1$.
- Bức xạ thứ cấp, phát ra từ vật thu có nhiệt độ thấp, khoảng $T \leq 400K$, có năng lượng tập trung quanh sóng $\lambda_m = 0,8\mu m$, hầu như không xuyên qua kính, vì $D(\lambda_{m0}) \approx 0$, và bị phản xạ lại mặt thu
- Hiệu số năng lượng (vào-ra) > 0 , được tích lũy phía dưới tấm kính, làm nhiệt độ tại đó tăng lên.

2.2 Mô tả chung về bộ thu kiểu lồng kính

- Bộ thu kiểu lồng kính dùng gia nhiệt cho chất lỏng được cho như hình 4.4



Hình 4.4. Mặt cắt bộ thu năng lượng Mặt trời kiểu lồng kính gồm 2 lớp kính dùng để gia nhiệt cho môi chất lỏng.

- Năng lượng bức xạ mặt trời chiếu đến bộ thu sau khi truyền qua 2 lớp kính 1 và 3 thì được hấp thụ bởi tấm hấp thụ sơn màu đen 2, lượng nhiệt được hấp thụ sẽ truyền cho môi chất lỏng chứa trong ống dẫn 5.
- Bộ thu được bọc trong lớp bảo vệ 6, lớp cách nhiệt 4 để tránh thất thoát nhiệt ra môi trường xung quanh.
- Đối với bộ thu cho môi chất là không khí về cơ bản giống như bộ thu gia nhiệt nước trên, nhưng khi đó thay các ống dẫn chất lỏng bằng ống dẫn không khí có kích thước lớn hơn. Phương pháp tính toán cũng tương tự bộ thu gia nhiệt chất lỏng

2.3 Phương trình cân bằng năng lượng của bộ thu kiểu lồng kính.

Ở trạng thái ổn định, hoạt động của bộ thu NLMT được mô tả bằng phương trình cân bằng năng lượng gồm các phần: năng lượng hữu ích, tổn thất nhiệt và tổn thất quang học.

Bức xạ mặt trời do bộ hấp thụ trên một đơn vị diện tích bề mặt bộ thu phẳng bằng hiệu số giữa bức xạ mặt trời truyền tới và các tổn thất quang học.

$$S = E_b B_b (DA)_b + E_d (DA)_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + R_d (E_b + E_d) (DA)_g \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right)$$

Tổn thất nhiệt từ bộ thu đến môi trường xung quanh do dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ, có thể được biểu diễn bằng tích của hệ số tổn thất nhiệt K và độ chênh lệch nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ T_{tb} với nhiệt độ môi trường T_a .

Năng lượng hữu ích của bộ thu có diện tích F là hiệu số giữa bức xạ mặt trời hấp thụ được và tổn thất nhiệt.

$$Q_{hi} = F[S - K(T_{tb} - T_a)]$$

Đây là phương trình năng lượng cơ bản của bộ thu kiểu lồng kính.

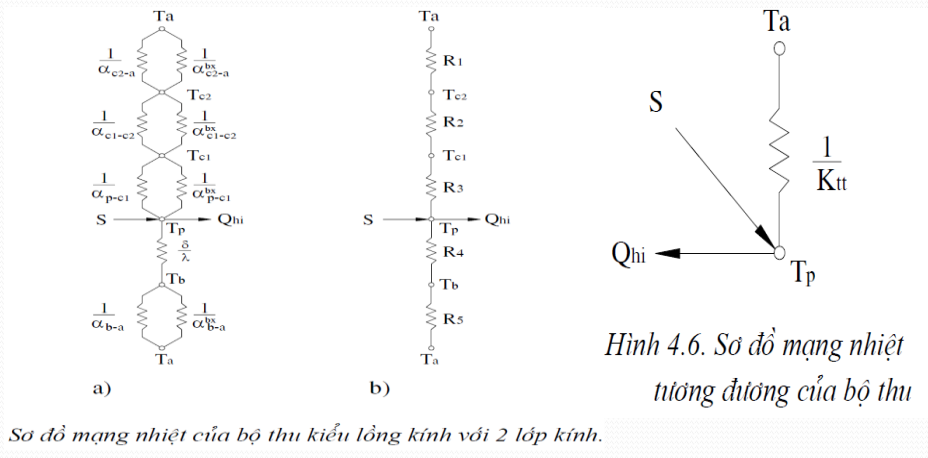
• Để đánh giá khả năng hấp thụ NLMT của bộ thu người ta dựa vào hiệu suất của nó. Hiệu suất của bộ thu là tỉ số giữa năng lượng hữu ích truyền cho môi chất và NLMT tới bộ thu trong cùng 1 khoảng thời gian.

$$\eta = \frac{\int Q_{hi} dt}{F \int E_n dt}$$

Hệ số tổn thất nhiệt K của bộ thu

- Việc tính toán hệ số K rất có ý nghĩa trong việc tính toán thiết kế bộ thu. Có thể biểu diễn tổn thất nhiệt của bộ thu kiểu lồng kính có 2 lớp kính như sơ đồ

- Tại một vị trí nhất định trên tấm phẳng hấp thụ có nhiệt độ là T_p , nguồn NLMT, S được bộ thu hấp thụ và phân bố thành các thành phần sau: năng lượng hữu ích Q_{hi} , tổn thất nhiệt qua các lớp kính ngăn và đáy bộ thu.



- Tổn thất nhiệt qua các lớp kính là tổng của trao đổi nhiệt đối lưu và trao đổi nhiệt bức xạ giữa các bề mặt song song.
- Ở trạng thái ổn định, thì năng lượng trao đổi giữa tấm hấp thụ của bộ thu có nhiệt độ T_p và lớp kính thứ nhất có nhiệt độ T_{c1} đúng bằng lượng nhiệt trao đổi giữa các lớp kính kế tiếp và cũng bằng lượng nhiệt trao đổi giữa lớp kính ngoài cùng với môi trường xung quanh.
- Vậy tổn thất nhiệt qua kính (trên một đơn vị diện tích) đúng bằng lượng nhiệt truyền từ tấm hấp thụ đến bề mặt kính thứ nhất.

$$q_{t.tr} = \alpha_{p-cl} (T_p - T_{cl}) + \frac{\sigma (T_p^4 - T_{cl}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_{cl}} - 1}$$

- Với ε_p , ε_{cl} là độ đen của tấm hấp thụ và của lớp kính thứ nhất,
- α_{p-cl} là hệ số truyền nhiệt đôi lưu giữa 2 tấm phẳng nghiêng song song (tấm hấp thụ và kính)
- Nếu gọi α_{p-cl}^{bx} là hệ số trao đổi nhiệt bức xạ giữa tấm hấp thụ và kính ta sẽ có.

$$q_{tt.tr} = (\alpha_{p-cl} + \alpha_{p-cl}^{bx}) (T_p - T_{cl}) \quad (4.15)$$

Với

$$\alpha_{p-cl}^{bx} = \frac{\sigma (T_p + T_{cl}) (T_p^2 + T_{cl}^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_{cl}} - 1}$$

- Nhiệt điện trở truyền nhiệt giữa tấm hấp thụ và kính R_3 sẽ là

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_{p-cl} + \alpha_{p-cl}^{bx}}$$

Tương tự, ta cũng có thể tính cho nhiệt trở giữa 2 tấm kính R_2

- Nhiệt trở R_1 giữa bề mặt kính với môi trường xung quanh có dạng tương tự như trên, nhưng hệ số truyền nhiệt đối lưu từ bề mặt kính đến môi trường xung quanh $\alpha_w = 5-10\text{W/m}^2\text{K}$. Nhiệt trở bức xạ từ mặt kính được tính theo nhiệt độ bức xạ bầu trời T_s , nhưng chúng ta cũng có thể chọn bằng nhiệt độ môi trường xung quanh T_a , khi đó:

$$\alpha_{c2-a} = \sigma \varepsilon_{c2} \frac{(T_{c2} - T_s)(T_{c2}^2 - T_s^2)(T_{c2} - T_s)}{T_{c2} - T_a}$$

Và nhiệt trở R_1 sẽ là :

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_w + \alpha_{c2-a}}$$

- Hệ số tổn thất qua các lớp kính từ tấm hấp thụ của bộ thu ra môi trường xung quanh là:

$$K_{tt.tr} = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

- Tổn thất nhiệt qua đáy bộ thu được biểu diễn bởi 2 điện trở nhiệt R_4, R_5
- Với R_4 là điện trở lớp cách nhiệt và R_5 là nhiệt trở đối lưu và bức xạ của đáy bộ thu với môi trường xung quanh, thông thường R_5 xấp xỉ bằng 0.
- Khi đó hệ số tổn thất nhiệt đáy bộ thu là $K_{tt.dáy} = \frac{1}{R_4} = \frac{\lambda}{\delta_{cn}}$

Với λ, δ_{cn} là hệ số dẫn nhiệt và chiều dày lớp các nhiệt

- Tổn thất nhiệt qua vách bên của bộ thu tính toán khá phức tạp. Tuy nhiên thông số này có thể bỏ qua nếu bộ thu được thiết kế tốt. Hoặc có thể tính theo công thức Tabor

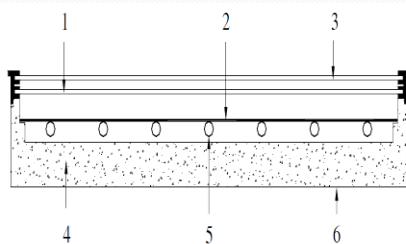
$$K_{tt.ben} = \frac{(KF)_{ben}}{F_{bthu}}$$

- Vậy tổng tổn thất của bộ thu là

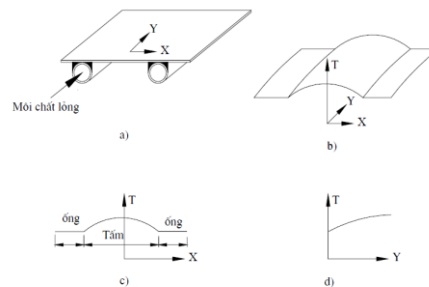
$$K_{tt} = K_{tt.tr} + K_{tt.day} + K_{tt.ben}$$

2.4 Phân bố nhiệt độ trên bề mặt bộ thu kiểu lồng kính

- Xét 1 bộ thu NLMT kiểu ống-tấm (hình 4.4). Khi nhận bức xạ mặt trời, bề mặt tấm sẽ truyền nhiệt cho các ống có môi chất chuyển động bên trong ống.
- Phân bố nhiệt độ trên bề mặt tấm sẽ có dạng như hình 4.7b



Hình 4.4. Một cắt bộ thu năng lượng Mặt trời kiểu lồng kính gồm 2 lớp kính đỡ để gia nhiệt cho môi chất lỏng.



Hình 4.7. Sơ đồ phân bố nhiệt độ trên mặt tấm hấp thụ.

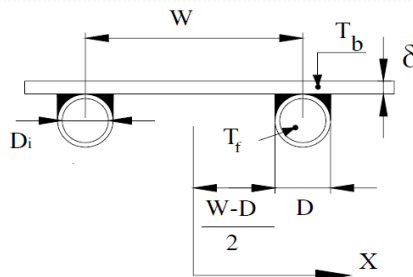
- Ta thấy rằng nhiệt độ trên bề mặt tấm phân bố không đều.
- Theo phương X thì nhiệt độ bề mặt tấm có giá trị lớn nhất ở vị trí giữa khoảng cách 2 ống, còn trên phạm vi mỗi ống do hệ số truyền nhiệt lớn nên gần như nhiệt độ đồng đều (hình 4.7c).
- Theo phương Y dọc theo trục ống, do môi chất chuyển động nhận nhiệt nên nhiệt độ tăng dần (hình 4.7d)

Để tính toán được phân bố nhiệt độ trên bề mặt tấm, sử dụng các giả thuyết sau:

1. Quá trình truyền nhiệt ở trạng thái ổn định
2. Các ống góp của dàn ống cung cấp lưu lượng nước đồng đều cho các ống.
3. Dòng nhiệt truyền qua kính che và đáy cách nhiệt của bộ thu là dòng nhiệt một chiều, dòng nhiệt bức xạ qua kính không bị kính hấp thụ và không có độ chênh lệch nhiệt độ giữa 2 mặt kính che.
4. Xem trường nhiệt độ của bề mặt ống là một chiều, tức là nhiệt độ chỉ thay đổi theo phương dọc trục ống, còn gradient nhiệt độ xung quanh tiết diện ống có thể bỏ qua

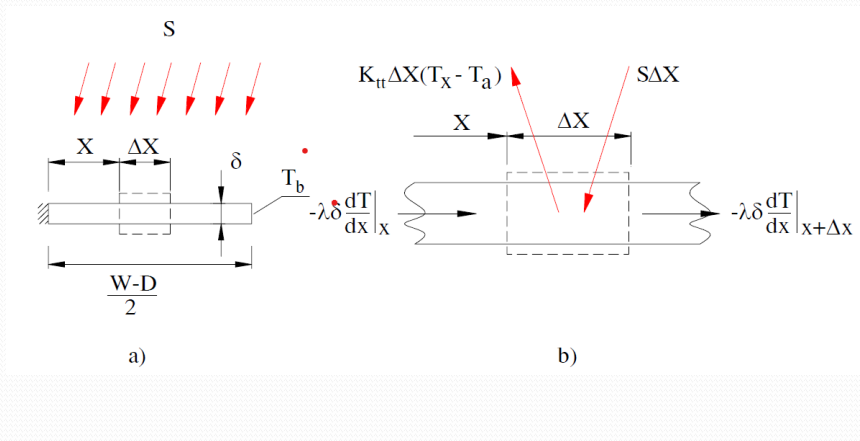
5. Gradian nhiệt độ theo hướng dòng môi chất chuyển động và theo phương giữa các ống có thể xem xét độc lập.
6. Bỏ qua sự bám bụi, bẩn trên bộ thu.

- Sự phân bố nhiệt độ giữa hai ống có thể xác định được nếu ta giả thuyết rằng nếu gradient nhiệt độ theo hướng dòng chuyển động là rất nhỏ.
- Gọi khoảng cách giữa các ống là W , đường kính ống là D , và tấm hấp thụ có chiều dày là δ . Vì vật liệu tấm dẫn nhiệt tốt nên gradient nhiệt độ qua tấm là rất nhỏ. Đồng thời cũng giả thuyết rằng phần diện tích ống tiếp xúc với tấm (mối hàn) có nhiệt độ đồng đều T_b .
- T_a là nhiệt độ môi trường không khí bên ngoài
- T_b là nhiệt độ của góc cánh



Hình 4.8. Kích thước của ống và cánh.

- Như vậy, bài toán truyền nhiệt từ tâm đến chất lỏng trong ống có thể tính theo bài toán truyền nhiệt thông thường.
- Để giải bài toán này ta biểu diễn kết cấu ống – tấm bằng sơ đồ hình a) như là cánh mỏng tiết diện không đổi có chiều dài $(W-D)/2$.



- Viết phương trình cân bằng năng lượng cho một phân bố cánh có chiều rộng Δx và chiều dài 1 đơn vị theo hướng chuyển động của môi chất Hình b). Khi đó, ta có

$$S\Delta x - K_{tt}\Delta x(T - T_a) + \left(-\lambda\delta \frac{dT}{dx}\right)_x - \left(-\lambda\delta \frac{dT}{dx}\right)_{x+\Delta x} = 0$$

- với S là năng lượng bức xạ mặt trời hấp thụ. Chia 2 vế cho Δx và xét giới hạn khi $\Delta x \rightarrow 0$ ta có,

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{K_{tt}}{\lambda\delta} \left(T - T_a - \frac{S}{K_{tt}} \right)$$

- Điều kiện biên của phương trình vi phân trên là điều kiện đối xứng qua đường trục giữa 2 ống và nhiệt độ góc cánh T_b đã biết.

$$\frac{dT}{dx}\Big|_{x=0} = 0 \quad \text{và} \quad T\Big|_{x=(W-D)/2} = T_b$$

- Để thuận tiện cho tính toán, ta đặt.

$$m = \sqrt{\frac{K_{tt}}{k\delta}} \quad \text{và} \quad \psi = T - T_a - \frac{S}{K_{tt}}$$

- Khi đó, phương trình sẽ đơn giản hơn

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} - m^2\psi = 0$$

- Với điều kiện biên là

$$\left. \frac{d\psi}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad \text{và} \quad \psi|_{x=(W-D)/2} = T_b - T_a - \frac{S}{K_{tt}}$$

- Nghiệm tổng quát của phương trình này là

$$\psi = C_1 \cdot \sinh(mx) + C_2 \cdot \cosh(mx)$$

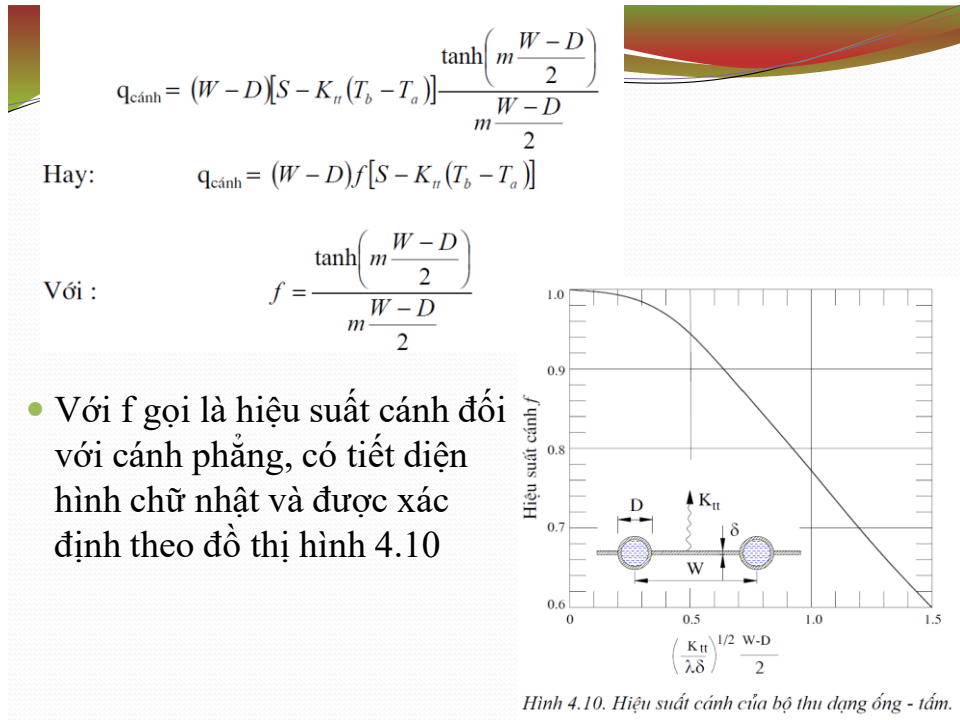
- Xác định các hằng số tích phân C_1, C_2 theo điều kiện biên, ta có

$$\frac{T - T_a - \frac{S}{K_{tt}}}{T_b - T_a - \frac{S}{K_{tt}}} = \frac{\cosh(mx)}{\cosh\left(m \frac{W-D}{2}\right)}$$

- Năng lượng nhiệt dẫn từ tấm cánh đến ống trên 1 đơn vị theo chiều dài theo hướng dòng chuyển động của môi chất, được xác định theo định luật Fourier ở gốc cánh

$$q_{\text{cánh}} = -\lambda\delta \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=(W-D)/2} = \frac{\lambda\delta m}{K_{tt}} [S - K_{tt}(T_b - T_a)] \tanh\left(m \frac{W-D}{2}\right)$$

- Nếu tính đến lượng nhiệt dẫn đến ống từ 2 phía đối xứng nhau và theo điều kiện $\frac{\lambda\delta m}{K_{tt}} = \frac{1}{m}$ thì ta sẽ được



- Ví dụ:** với cánh làm bằng đồng có hệ số dẫn nhiệt là $\lambda = 25 \text{ W/m} \cdot \text{độ}$, chiều dày cánh $\delta = 0,001$, và chiều rộng cánh $W = 0,03 \text{ m}$, cánh được gắn trên ống đồng đường kính $D = 0,01 \text{ m}$, với trao đổi nhiệt đối lưu tự nhiên $K_{tt} = 10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$ ta tính được.

$$\left(\frac{K_{tt}}{\lambda \delta} \right)^{1/2} \cdot \frac{W - D}{2} = \left(\frac{10}{25 \cdot 0,001} \right)^{1/2} \cdot \frac{0,03 - 0,01}{2} = 0,2$$

- Tra đồ thị hình 4.10 ta được hiệu suất cánh $f = 0,99$.

- Ngoài lượng nhiệt dẫn từ tâm vào ống còn phải tính đến lượng nhiệt truyền qua chính bề mặt vùng ống có nhiệt độ không đổi T_b

$$q_{\text{ống}} = D[S - K_n(T_b - T_a)]$$

Vậy tổng lượng nhiệt hữu ích sẽ là:

$$q_{hi} = [(W - D)f + D][S - K_n(T_b - T_a)]$$

Suy ra lượng nhiệt truyền cho môi chất chuyển động trong ống, theo phương trình truyền nhiệt ta có.

$$q_n = \frac{T_b - T_f}{\frac{1}{\pi D_i \alpha_f} + \frac{1}{C_b}}$$

- Với D_i là đường kính trong của ống, α_f là hệ số truyền nhiệt giữa chất lỏng và vách ống, C_b là nhiệt dẫn của mối hàn:
- $C_b = \lambda_b \cdot b/\gamma$ và λ_b là hệ số dẫn nhiệt của mối hàn, γ là chiều dày trung bình của mối hàn, b là chiều rộng của mối hàn. Khi đó ta có:

$$q_{hi} = Wf' [S - K_n(T_f - T_a)]$$

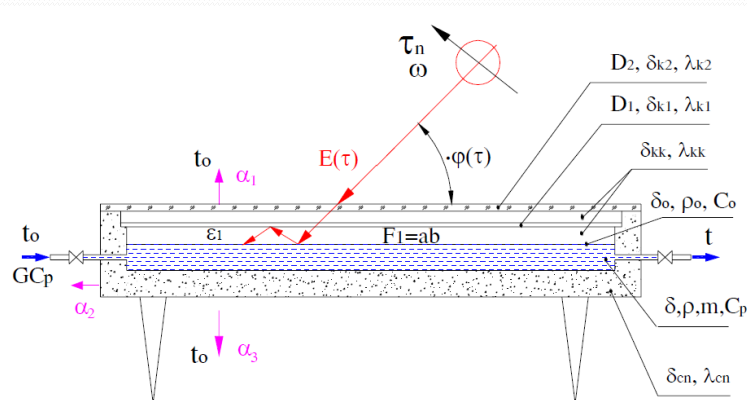
- Trong đó, f' được gọi là hệ số hiệu quả của bộ thu và có biểu thức là:

$$f' = \frac{\frac{1}{K_n}}{W \left[\frac{1}{K_n [D + (W - D)f]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i \alpha_f} \right]}$$

2.5 Phân bố nhiệt độ chất lỏng trong bộ thu NLMT

- Trong thực tế, cần xác định hàm phân bố nhiệt độ của môi chất lỏng trong bộ thu NLMT trong chu kỳ 1 ngày để có thể đánh giá khả năng làm việc của bộ thu và từ đó xác định các thông số đặc trưng của bộ thu.
- Khảo sát bộ thu NLMT dạng hộp phẳng như hình 4.11 với hộp thu kích thước $a \times b \times \delta$, khối lượng m_0 , nhiệt dung riêng C_0 được làm bằng thép dày δ_1 , bên trong gồm chất lỏng tinh có khối lượng riêng m , và lưu lượng $G(\text{kg/s})$ chảy liên tục qua hộp. Xung quanh hộp bọc 1 lớp cách nhiệt, hệ số tỏa nhiệt của bộ thu ra không khí là α .

- Phía trên mặt thu $F1 = ab$ có độ đen ε là 2 lớp không khí và 2 tấm kính có độ trong D_1 và D_2 . Chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của các lớp này lần lượt là $\delta_c, \delta_{kk1}, \delta_{k1}, \delta_{kk2}, \delta_{k2}$ và $\lambda_c, \lambda_{kk1}, \lambda_{k1}, \lambda_{kk2}, \lambda_{k2}$



Hình 4.11. Cấu tạo bộ thu kiểu hộp tấm phẳng.

- Cường độ bức xạ mặt trời tới mặt kính tại thời điểm τ có dạng $E(\tau) = E_n \sin\phi(\tau)$, với $\phi(\tau) = \omega\tau$ là góc nghiêng của tia nắng tới mặt kính, $\omega = 2\pi / \tau_n$ với $\tau_n = 24 \times 3600s$ là tốc độ góc và chu kỳ tự quay của trái đất, E_n là cường độ bức xạ cực đại trong ngày.

$$E_n = S_{\max}, \text{ W/m}^2$$

Với S_{\max} là cường độ bức xạ mặt trời tổng cực đại trong ngày, có thể tính toán hoặc đo đạt.

Cường độ bức xạ trung bình năm tại vĩ độ đang xét, có thể tính theo biểu thức sau:

$$E_n = \frac{\sum_{i=1}^{365} S_i^{\max}}{365}, \text{ W/m}^2$$

Trong đó: S_i^{\max} là tổng cường độ bức xạ cực đại tại ngày thứ i

- Lúc mặt trời mọc $\tau=0$, nhiệt độ ban đầu của bộ thu và chất lỏng bằng nhiệt độ t_0 của môi trường.
- Giả thuyết rằng, bộ thu được đặt cố định trong mỗi ngày, sao cho mặt thu F_1 vuông góc với mặt phẳng vĩ đạo trái đất và tại mỗi thời điểm τ , coi nhiệt độ chất lỏng và hộp thu đồng nhất, bằng $t(\tau)$.
- Từ giả thuyết trên, ta tìm hàm phân bố nhiệt độ chất lỏng trong bộ thu theo thời gian τ và tất cả các thông số đã cho.
- $t = t(\tau, ab\delta\delta_t, m_o, C_o, m, C_p, \varepsilon D F_1, G, \delta_c, \delta_{kk}, \delta_k, \lambda_c, \lambda_{kk}, \lambda_k, \alpha, t_o, \omega, E_n)$.
- Sau đó lập phương trình vi phân cân bằng nhiệt cho bộ thu và xác định hàm phân bố nhiệt độ chất lỏng trong bộ thu

- Giải hàm phân bố nhiệt độ chất lỏng trong bộ thu, ta có được các thông số đặc trưng của bộ thu như sau:

Thông số đặc trưng	Công thức tính
Độ gia nhiệt cực đại	$T_m = \frac{a}{2b} \left(1 + \frac{a}{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}}\right)$ [°C]
Nhiệt độ cực đại	$t_m = t_o + \frac{a}{2b} \left(1 + \frac{b}{\sqrt{b^2 + 4\omega^2}}\right)$ [°C]
Thời điểm đạt nhiệt độ T_m	$\tau_m = \tau_n \left(\frac{3}{8} - \frac{1}{4\pi} \arctg \frac{b}{2\omega}\right)$ [s]
Độ gia nhiệt trung bình	$T_n = \frac{a}{2b}$ [°C]
Công suất hữu ích trung bình	$P_n = \frac{a}{2b} GC_p$ [W]
Sản lượng nhiệt 1 ngày	$Q = \frac{a\tau_n}{4b} GC_p$ [J]
Sản lượng nước nóng	$M = \frac{\tau_n}{2} G, t_n = t_o + T_n$ [kg]
Hiệu suất nhiệt bộ thu	$\eta = \frac{\pi a GC_p}{4bEnF_1}$

6. Tính toán các loại gương phản xạ

- Để tập trung năng lượng bức xạ chiếu đến mặt bộ thu, nhằm nâng cao nhiệt độ của bộ hấp thụ thì trong thiết bị nhiệt mặt trời người ta thường dùng thêm các gương phản xạ.
- Gương phản xạ là các bề mặt nhẵn bóng, có hệ số hấp thụ A bé, và hệ số phản xạ $R=(1-A)$ lớn. Gương phản xạ có thể có dạng phẳng, côn, nón, parabol trụ hoặc parabol tròn xoay. Gương phản xạ thường được chế tạo bằng kim loại có độ bóng mặt cao như inox, nhôm, tol đánh bóng, hoặc kính hay plastic có tráng bạc.

- Đặc trưng của 1 gương phản xạ bao gồm:
 - + Các thông số hình học và kết cấu
 - + Độ phản xạ R, điều kiện để mặt thu có thể hứng toàn bộ phản xạ từ gương.
 - + Độ tập trung năng lượng bức xạ (kí hiệu là k)

- **Độ tập trung năng lượng bức xạ k:**
 - Độ tập trung năng lượng bức xạ k của một gương phản xạ và mặt thu, là tỉ số của cường độ bức xạ tới mặt thu và cường độ bức xạ tới mặt hứng năng: $k = E/E_t$
 - Với cường độ bức xạ tới mặt hứng năng E thường là cường độ bức xạ tới mặt đất nơi đặt thiết bị, tức cường độ bức xạ lúc trời nắng bình thường, chưa có gương phản xạ.
 - Lập công thức tính k: cho một hệ gồm mặt thu F_t đặt vuông góc với tia nắng, xung quanh có gương phản xạ với hệ số phản xạ R, và mặt hứng năng diện tích F_h , mặt F_h vuông góc với tia nắng như hình 4.12

- Giả thuyết các gương đặt sao cho toàn bộ các tia phản xạ từ gương được chiếu hết lên mặt thu F_t . Khi đó, công suất bức xạ chiếu đến F_t là:

$$Q_t = E \cdot F_t + E \cdot (F_h - F_t) \cdot R = E \cdot (1 - R) \cdot F_t + E \cdot R \cdot F_h$$

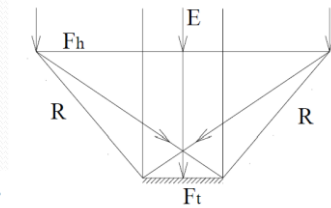
Cường độ bức xạ đến F_t là:

$$E_t = Q_t / F_t = E \cdot (1 - R) + E \cdot R \cdot F_h / F_t$$

Do đó,

$$k = E_t / E = 1 - R + R \cdot F_h / F_t = 1 + R \cdot (F_h / F_t - 1).$$

Nếu coi $R = 1$ thì $k = F_h / F_t$.



Hình 4.12 Hệ gương và mặt thu

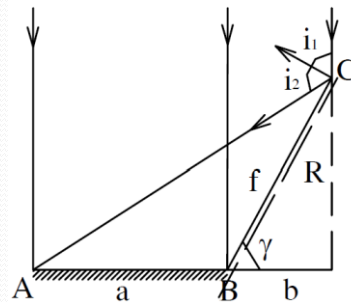
6.1 Gương phẳng

- Xét gương phẳng BC có hệ số phản xạ R , đặt nghiêng góc γ so với mặt thu AB. Dựa vào định luật phản xạ ánh sáng $i_1 = i_2$, ta có thể tìm được điều kiện để toàn bộ phản xạ từ gương BC chiếu hết lên mặt AB đặt vuông góc với tia nắng là:

$$\gamma = \arcsin \sqrt{\frac{a+b}{2a}}$$

- Vì $\sin \gamma < 1$ nên phải có $b < a$

$$\text{và } \frac{\pi}{4} < \gamma < \frac{\pi}{2}.$$



Hình 4.13. Gương phẳng

- Khi đó chiều rộng của gương bằng:

$$f = \frac{b}{\cos \gamma} = b \sqrt{\frac{2a}{a-b}}$$

Và độ tập trung năng lượng $k = 1 + R.(b/a)$. Do đó, nếu dùng 1 gương phẳng thì $1 < k < 2$

Nếu dùng 4 gương phẳng cùng phản xạ lên một mặt thu hình vuông thì có $1 < k < 5$

- Gương phẳng được sử dụng nhiều cho mục đích tập trung ánh sáng mặt trời cho các ứng dụng cấp nhiệt với nhiệt độ cao như trong nhà máy điện mặt trời, vì gương phẳng có cấu tạo đơn giản rẻ tiền, dễ chế tạo.

- Hạn chế của gương phản là độ tập trung không cao nên cần số lượng lớn và diện tích lắp đặt rộng.



- Hình ảnh toàn cảnh nhà máy điện mặt trời dùng gương phẳng, điều khiển bằng máy tính, tập trung năng lượng vào một lò hơi đặt trên cao, để cấp hơi cho tuabin phát điện

6.2 Gương nón cụt

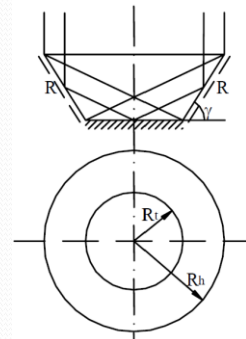
- Gương nón cụt thường dùng để phản xạ lên bộ thu phẳng đặt tại đáy nón, luôn được quay để vuông góc với tia nắng.
- Điều kiện để 100% phản xạ từ gương đến mặt thu là:

$$\gamma = \arcsin \sqrt{\frac{R_h + R_t}{4R_t}}$$

- Khi đó $R_h < 3R_t$ và độ tập trung bằng

$$k = 1 + R \left(\frac{F_h}{F_t} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow k = 1 + R \left[(1 - 2\cos 2\gamma)^2 - 1 \right]$$



Hình 4.15. Gương nón cụt

- Vì $\frac{\pi}{4} < \gamma < \frac{\pi}{2}$ nên khi dùng gương nón cụt thì $1 < k < 9$.

- Khi đó đường sinh của gương nón cụt được tính theo:

$$f = \frac{R_h - R_t}{\cos \gamma} = 2(R_h - R_t) \sqrt{\frac{R_h}{3R_t - R_h}}$$

- Với $R_h < 3R_t$

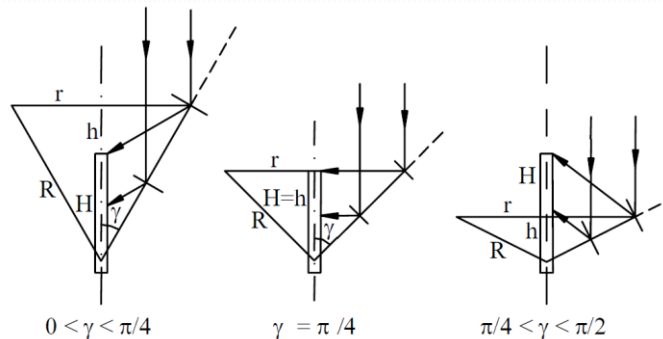
- Gương nón cụt cũng chế tạo tương đối đơn giản từ các tấm kim loại có độ bóng cao, loại này được sử dụng trong các thiết bị nhỏ như bếp nấu dung NLMT



Hình 4.16 Bếp nấu dùng gương nón cụt

6.3 Gương nón

- Gương nón được dùng để phản xạ lên mặt thu hình ống trụ đặt tại trục nón. Tùy theo góc đỉnh nón nhỏ hơn, bằng hoặc lớn hơn 45° , chiều cao H của ống thu bức xạ hình trụ có thể nhỏ hơn, bằng hoặc lớn hơn chiều cao h của nón, như hình



Hình 4.17. Gương nón với mặt thu hình ống trụ

- Chiều cao H thích hợp của ống hấp thu, cho phép nhận toàn bộ phản xạ từ gương nón có chiều cao h , góc đỉnh γ là:

$$H = \frac{h}{2}(1 + \operatorname{tg}^2 \gamma) \quad \text{với} \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{r}{h}$$

- Nếu chọn gương nón cao h , bán kính r , thì chiều cao mặt thu hình trụ là:

$$H = \frac{1}{2h}(h^2 + r^2)$$

Khi $r < h$ tức là $\gamma < 45^\circ$ thì $H < h$

Khi $r = h$ tức là $\gamma = 45^\circ$ thì $H = h$

Khi $r > h$ tức là $\gamma > 45^\circ$ thì $H > h$

- Độ tập trung của gương nón là:

$$k = 1 + R \left(\frac{F_h}{F_t} - 1 \right) = 1 + R \left(\frac{r^2}{dH} - 1 \right) = 1 + R \left(\frac{2r^2}{dh} \cos^2 \gamma - 1 \right)$$

$$\Rightarrow k = 1 + R \left[\frac{2r^2 h}{d(r^2 + h^2)} - 1 \right]$$

$$\text{Nếu gọi } t = \operatorname{tg} \gamma = \frac{r}{h} \text{ thì } k = 1 + R \left[\frac{r}{d} \left(\frac{2t}{1+t^2} \right) - 1 \right]$$

- Suy ra $k_{\max} = k(t=1) = k = 1 + R \left(\frac{r}{d} - 1 \right)$ đạt được khi chọn $r=h$

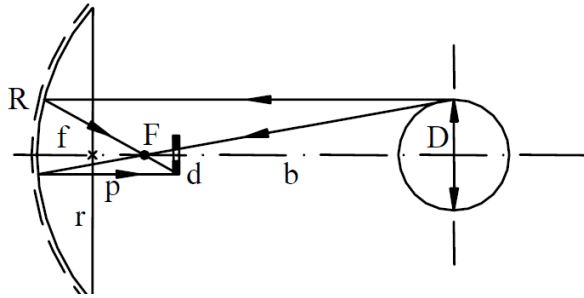
hay $\gamma=45^\circ$, khi $R=1$ thì $k_{\max} = r/d$. Khi tăng r và giảm d , độ tập trung k sẽ khá lớn.

- Gương nón cụt có độ tập trung năng lượng bức xạ tương đối cao trên một ống trụ, tuy nhiên để sử dụng loại gương phản xạ này thì cần phải hướng mặt hứng nắng chính xác vuông góc với tia bức xạ.

6.4 Gương parabol tròn xoay

- Xét gương parabol tròn xoay do đường parabol $y = \frac{x^2}{4f}$

quay quanh trục y tạo ra như hình 4.18



Hình 4.18. Ảnh của mặt trời qua gương parabol

Khi quay trục gương theo hướng tia nắng, thì tại gần tiêu điểm F ta thu được ảnh của mặt trời, là một đĩa sáng tròn có đường kính d được xác định theo phương trình

$$\begin{cases} \frac{d}{D} = \frac{p}{b} \\ \frac{1}{b} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f} \end{cases} \quad \text{với } D = 1,4 \cdot 10^9 \text{m là đường kính Mặt trời, } b = 1,5 \cdot 10^{11} \text{m khoảng cách gương tới mặt trời và } f \text{ là tiêu cự gương, } p \text{ khoảng cách ảnh tới gương.}$$

- Giải hệ trên tìm được d và p sẽ được:

$$d = \frac{Df}{b-f} = \frac{d}{b} f = 0,0093 f = 10^{-2} f$$

• $p = \frac{b}{b-f} f$, tức ảnh của mặt trời đặt tại tiêu điểm F, có đường

kính $d = 10^{-2}f$. Do đó mặt thu cần đặt tại tiêu điểm của gương, có đường kính $d \geq 10^{-2}f$

Nếu mặt thu hình cầu đường kính d , gương parabol có bán kính r , thì hệ số tập trung là:

$$k = 1 + R \left[\left(\frac{r}{d} \right)^2 - 1 \right] \Rightarrow k_{\max} = k(R=1) = \left(\frac{r}{d} \right)^2$$

• Khi tăng r và giảm d đến $10^{-2}f$, thì k sẽ rất lớn tùy ý. Ví dụ,

chọn $F_h = 1\text{m}^2$ hay $r = \frac{1}{\sqrt{\pi}}$ m, $f = 0,2\text{m}$, $R = 1$ thì $d = 0,002\text{m}$

và $k = \left(\frac{r}{d} \right)^2 = 79577$ khi chọn tiêu cự $f = 0,1\text{m}$ có $k = 318310$ lần

Gương parabol tròn xoay có độ tập trung năng lượng bức xạ rất lớn nên được sử dụng trong nhiều thiết bị khác nhau khi cần có nhiệt độ lớn. Tuy nhiên, bề mặt parabol cần chế tạo chính xác thì tương đối phức tạp và giá thành cao



Hình 4.19 Hệ thống cấp hơi nước dùng gương Parabol tròn xoay



Hình 4.20 Bếp nấu dùng gương Parabol tròn xoay

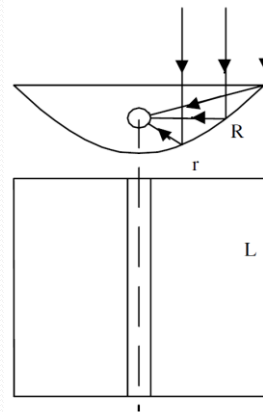
6.5 Gương parabol trụ

- Xét gương parabol trụ rộng $2r$, dài L tập trung phản xạ vào mặt thu hình ống trụ đường kính d đặt tại tiêu điểm, khi đó độ tập trung là

$$k = 1 + R \left(\frac{2r}{\pi d} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow k_{\max} = k(R = 1, d = 10^{-2}f)$$

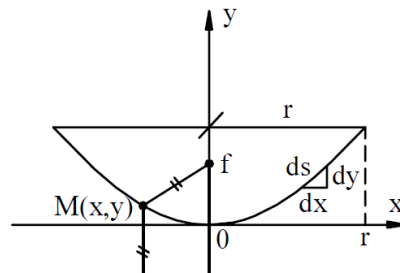
$$= \frac{2r}{\pi d} = \frac{200r}{\pi f}$$



Hình 4.21. Gương parabol trụ

- Nếu chọn $r = 0,5\text{m}$ và $f = 0,2\text{m}$, thì $k_{\max} = 159$ lần.
- Loại gương này dễ chế tạo, bằng cách uốn cong tấm tol

phẳng theo đường parabol $y = \frac{x^2}{4f}$



Hình 4.22. Chế tạo parabol trụ

Để có 1 mặt parabol trụ $y = \frac{x^2}{4f}$ có tiêu cự f , độ rộng r ,

cần uốn 1 tấm tol có độ dài s tính theo công thức sau:

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = dx \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}$$

$$\Rightarrow s = 2 \int_0^r \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx = 2 \int_0^r \sqrt{1 + \left(\frac{2x}{4f}\right)^2} dx = \frac{1}{f} \int_0^r \sqrt{x^2 + 4f^2} dx$$

Suy ra:
$$s = r \sqrt{\left(\frac{r}{2f}\right)^2 + 1} + 2f \ln \left[\frac{r}{2f} + \sqrt{\left(\frac{r}{2f}\right)^2 + 1} \right]$$

- Ví dụ: để có parabol trụ với $r=0,5\text{m}$, $f=0,2\text{m}$ cần tấm tol dài $s = 1219,43\text{mm}$.



Hình 4.23. Hệ thống cung cấp nhiệt dùng gương phản xạ parabol trụ