

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13556:2023

ISO 9288:1989

Xuất bản lần 1

**CÁCH NHIỆT – TRUYỀN NHIỆT BẰNG BỨC XẠ -
CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ VÀ ĐỊNH NGHĨA**

*Thermal insulation – Heat transfer by radiation
– Physical quantities and definitions*

HÀ NỘI - 2023

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
Lời giới thiệu.....	5
1 Phạm vi áp dụng.....	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ chung	7
4 Các thuật ngữ liên quan tới bề mặt tiếp nhận, lan truyền hoặc phát xạ bức xạ nhiệt	8
5 Các thuật ngữ liên quan tới bề mặt phát xạ bức xạ nhiệt.....	11
6 Các thuật ngữ liên quan đến bề mặt vật không trong suốt hoặc bề mặt bán trong suốt nhận bức xạ nhiệt	14
7 Các thuật ngữ liên quan đến môi trường bán trong suốt nhận bức xạ nhiệt – kết hợp dẫn nhiệt và truyền nhiệt bằng bức xạ	17

Lời nói đầu

TCVN 13556:2023 hoàn toàn tương đương ISO 9288:1989.

TCVN 13556:2023 do Viện Vật liệu xây dựng - Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Tiêu chuẩn này là một phần của bộ tiêu chuẩn về thuật ngữ liên quan tới lĩnh vực cách nhiệt.

Bộ tiêu chuẩn sẽ bao gồm các tiêu chuẩn sau:

TCVN 9312:2012 (ISO 9251:1987), Cách nhiệt - Điều kiện truyền nhiệt và các đặc tính của vật liệu - Từ vựng

TCVN 9313:2012 (ISO 7345:1987), Cách nhiệt - Các đại lượng vật lý và định nghĩa.

ISO 9229, Thermal insulation - Thermal insulating materials and products - Vocabulary (*Cách nhiệt - Sản phẩm và vật liệu cách nhiệt - Từ vựng*).

ISO 9346, Hygrothermal performance of buildings and building materials - Physical quantities for mass transfer - Vocabulary (*Đặc trưng nhiệt ẩm của vật liệu xây dựng và tòa nhà - Các thông số vật lý về chuyển khối - Từ vựng*).

Cách nhiệt – Truyền nhiệt bằng bức xạ - Các đại lượng vật lý và định nghĩa

Thermal insulation – Heat transfer by radiation – Physical quantities and definitions

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này định nghĩa các đại lượng vật lý và thuật ngữ trong lĩnh vực truyền nhiệt liên quan tới trao đổi nhiệt bằng bức xạ.

2 Tài liệu viện dẫn

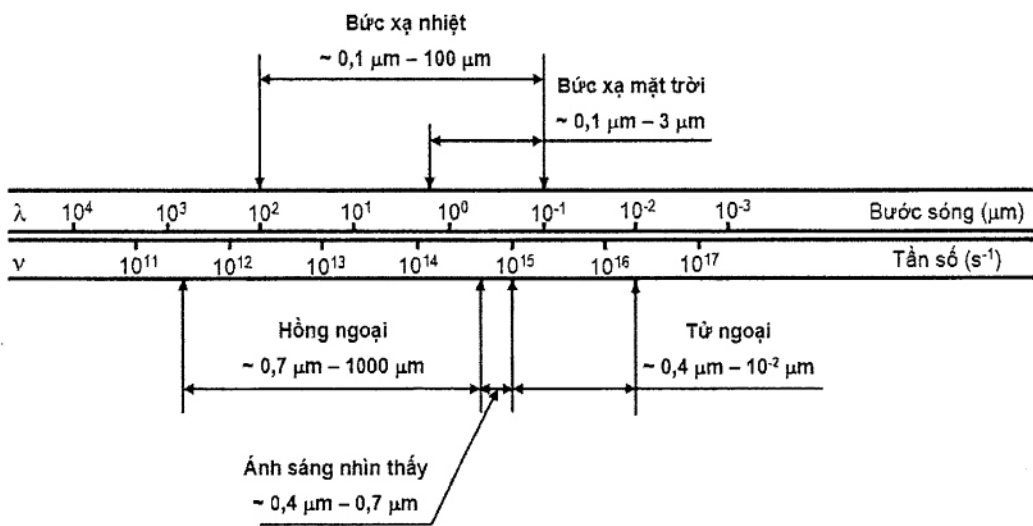
Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết khi áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố áp dụng thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả bản sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9313:2012 (ISO 7345:1987) *Cách nhiệt – Các đại lượng vật lý và định nghĩa*

3 Thuật ngữ chung

3.1 Bức xạ nhiệt (thermal radiation): Bức xạ điện từ phát ra từ bề mặt của vật không trong suốt hoặc từ phần tử bên trong khối bán trong suốt.

Bức xạ nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ và các đặc tính bức xạ của vật phát xạ. Theo quan điểm về nhiệt thì dải bước sóng nằm trong khoảng từ 0,1 μm đến 100 μm (xem Hình 1).



Hình 1—Phổ sóng điện từ

3.2 Truyền nhiệt bằng bức xạ (heat transfer by radiation): Sự trao đổi nhiệt năng giữa các vật thể (đặt cách xa nhau) bằng sóng điện từ.

Quá trình trao đổi này có thể xảy ra khi các vật thể cách xa nhau bởi môi trường chân không, môi trường trong suốt hoặc bán trong suốt. Để đánh giá sự trao đổi nhiệt bức xạ thì cần phải biết vật không trong suốt hoặc bán trong suốt phát xạ, hấp thụ và truyền bức xạ như một hàm của bản chất vật thể, vị trí tương đối và nhiệt độ.

3.3 Phân loại các thuật ngữ vật lý liên quan đến bức xạ nhiệt

Các thuật ngữ vật lý liên quan đến bức xạ nhiệt được phân loại theo hai tiêu chí:

- Phân bố phổ bức xạ
- Phân bố theo không gian (hướng) của bức xạ.

Các thuật ngữ vật lý bao gồm:

Toàn phần (total), khi liên quan đến toàn bộ phổ bức xạ nhiệt (ký hiệu này có thể được để ẩn);

Phổ hoặc đơn sắc (spectral or monochromatic), khi liên quan đến một khoảng quang phổ có tâm là bước sóng λ ;

Bán cầu (hemispherical), khi liên quan đến tất cả các hướng mà bề mặt vật thể có thể phát xạ hoặc nhận bức xạ;

Hướng (directional), khi liên quan đến hướng lan truyền bức xạ được xác định bởi góc khối theo một hướng cho trước.

3.4 Phân loại vật liệu theo lan truyền bức xạ

Môi trường không trong suốt (opaque medium): Môi trường không lan truyền bất kỳ phần bức xạ nào chiếu tới.

Sự hấp thụ, phát xạ, phản xạ bức xạ có thể được xem như hiện tượng bề mặt.

Môi trường bán trong suốt (semi-transparent medium): Môi trường mà bức xạ chiếu tới tắt dần bên trong vật liệu do sự hấp thụ hay tán xạ, hoặc kết hợp cả hai.

Sự hấp thụ, tán xạ hoặc phát xạ của bức xạ là hiện tượng khối (thể tích).

Các tính chất bức xạ của môi trường đục hoặc bán trong suốt nhìn chung là một hàm của phân bố phổ, hướng bức xạ chiếu tới và nhiệt độ của môi trường.

CHÚ THÍCH: Vật liệu cách nhiệt thông thường là một môi trường bán trong suốt.

4 Các thuật ngữ liên quan tới bề mặt tiếp nhận, lan truyền hoặc phát xạ bức xạ nhiệt

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
4.1 Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt; thông lượng bức xạ (radiant heat flow rate; radiant flux) Lưu lượng dòng nhiệt phát xạ, lan truyền hoặc tiếp nhận bởi một hệ ở dạng sóng điện từ. CHÚ THÍCH: Thuật ngữ này chỉ đại lượng bức xạ bán cầu toàn phần	Φ	W

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
4.2 Cường độ toàn phần (total intensity) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt chia cho góc khối theo hướng $\vec{\Delta}$: $I_{\Omega} = \frac{\partial \Phi}{\partial \Omega}$	I_{Ω}	W/sr
4.3 Đại lượng bức xạ toàn phần (total radiance) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt chia cho góc khối theo hướng $\vec{\Delta}$ và diện tích pháp tuyến chiếu theo hướng này. $L_{\Omega} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \Omega \partial (A \cos \theta)}$	L_{Ω}	W/(m ² .sr)
4.4 Lưu lượng dòng nhiệt bức xạ phổ (spectral radiant heat flow rate) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt chia cho khoảng quang phổ có tâm là bước sóng λ . $\Phi_{\lambda} = \frac{\partial \Phi}{\partial \lambda}$	Φ_{λ}	W/m W/ μ m
4.5 Cường độ phổ (spectral intensity) Cường độ toàn phần chia cho khoảng quang phổ có tâm là bước sóng λ . $I_{\Omega\lambda} = \frac{\partial I_{\Omega}}{\partial \lambda}$	$I_{\Omega\lambda}$	W/(sr.m) W/(sr. μ m)
4.6 Bức xạ phổ (spectral radiance) Bức xạ toàn phần chia cho khoảng quang phổ có tâm là bước sóng λ . $L_{\Omega\lambda} = \frac{\partial L_{\Omega}}{\partial \lambda}$ CHÚ THÍCH: 1. Mỗi đại lượng phổ A_{λ} đều có mối liên hệ tới đại lượng toàn phần A tương ứng như sau: $A_{\lambda} = \frac{\partial A}{\partial \lambda} \text{ hoặc } A = \int_0^{\infty} A_{\lambda} d\lambda$ Mỗi đại lượng theo hướng A_{Ω} đều có mối liên hệ tới đại lượng bán cầu A tương ứng như sau: $A_{\Omega} = \frac{\partial A}{\partial \Omega} \text{ hoặc } A = \int_{\Omega=4\pi} A_{\Omega} d\Omega \text{ và } A_{\Omega\lambda} = \frac{\partial^2 A}{\partial \Omega \partial \lambda} \text{ hoặc } A = \int_{\Omega=4\pi} \int_0^{\infty} A_{\Omega\lambda} d\lambda d\Omega$ 2. Bức xạ toàn phần và bức xạ phổ là các đại lượng có hướng (véctơ) được xác định tại từng điểm không gian có bức xạ (xem Hình 3), các giá trị này phụ thuộc vào diện tích bề mặt sử dụng để xác định các đại lượng đó. Các nguồn bức xạ với hằng số L_{Ω} được gọi là đẳng hướng hoặc khuếch tán. Cường độ cũng là các đại lượng có hướng nhưng là các đại lượng liên quan đến bề mặt (xem Hình 2).	$L_{\Omega\lambda}$	W/(m ² .sr) W/(m ² .sr. μ m)

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
Dòng bức xạ (toàn phần hoặc phổ) không phải là các đại lượng có hướng và là các đại lượng liên quan tới bề mặt.		
4.7 Mật độ bức xạ phổ của vectơ lưu lượng dòng nhiệt (spectral radiant density of heat flow rate vector) $\vec{q}_{r,\lambda} = \int_{\Omega=4\pi} L_{\Omega\lambda} \vec{\Delta} d\Omega$	$\vec{q}_{r,\lambda}$	W/(m ² .μm)
4.8 Mật độ bức xạ toàn phần của vectơ lưu lượng dòng nhiệt (total radiant density of heat flow rate vector) $\vec{q}_r = \int_0^\infty \int_{\Omega=4\pi} L_{\Omega\lambda} \vec{\Delta} d\Omega d\lambda$	\vec{q}_r	W/m ³ W/m ²
4.9 Mật độ bức xạ phổ của lưu lượng dòng nhiệt (spectral radiant density of heat flow rate) (theo hướng \vec{n}) $q_{r,\lambda n} = \vec{n} \cdot \vec{q}_{r,\lambda} = \int_{\Omega=4\pi} L_{\Omega\lambda} \vec{\Delta} \cdot \vec{n} d\Omega$	$q_{r,\lambda n}$	W/m ³ W/(m ² .μm)
4.10 Thành phần cùng chiều với mật độ bức xạ phổ của lưu lượng dòng nhiệt (forward component of the spectral radiant density of heat flow rate) $q_{r,\lambda n}^+ = \vec{n} \cdot \vec{q}_{r,\lambda} = \int_{\Omega=2\pi} L_{\Omega\lambda} \vec{\Delta} \cdot \vec{n} d\Omega \text{ khi } \vec{\Delta} \cdot \vec{n} > 0$	$q_{r,\lambda n}^+$	W/m ³ W/(m ² .μm)
4.11 Thành phần ngược chiều với mật độ bức xạ phổ của lưu lượng dòng nhiệt (backward component of the spectral radiant density of heat flow rate) $q_{r,\lambda n}^- = \vec{n} \cdot \vec{q}_{r,\lambda} = - \int_{\Omega=2\pi} L_{\Omega\lambda} \vec{\Delta} \cdot \vec{n} d\Omega \text{ khi } \vec{\Delta} \cdot \vec{n} < 0$ CHÚ THÍCH: 1. Có thể biểu diễn $q_{r,\lambda n}$ như sau: $q_{r,\lambda n} = q_{r,\lambda n}^+ - q_{r,\lambda n}^-$ 2. Trong trường hợp kết hợp dẫn nhiệt đơn hướng và truyền bức xạ theo hướng \vec{n} , ta có: $\vec{q}_n = \vec{q}_{cd,n} + \vec{q}_{r,n}$ Trong đó \vec{q}_n là cường độ dòng nhiệt được định nghĩa theo TCVN 9313:2012 (ISO	$q_{r,\lambda n}^-$	W/(m ² .μm)

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
7345:1987), 2.3; $\vec{q}_{cd,n}$ là cường độ dòng nhiệt bởi dẫn nhiệt; $\vec{q}_{r,n}$ là cường độ bức xạ toàn phần của vectơ lưu lượng dòng nhiệt; \vec{q}_n có thể được xác định bằng thực nghiệm theo phương pháp tấm nóng được bảo vệ hoặc phương pháp đo dòng nhiệt.		

5 Các thuật ngữ liên quan tới bề mặt phát xạ bức xạ nhiệt

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
5.1 Phát xạ (emission) Quá trình trong đó nhiệt (do sự chuyển động phân tử trong pha khí hoặc dao động nguyên tử trong pha rắn...) được chuyển đổi thành sóng điện từ.		
5.2 Năng suất bức xạ toàn phần (total excitance) Lưu lượng dòng nhiệt bức xạ được phát xạ bởi một bề mặt chia cho diện tích bề mặt phát xạ: $M = \frac{\partial \Phi}{\partial A} = q_r^+ \text{ hoặc } q_r^-$ CHÚ THÍCH: M là mật độ diện tích của dòng nhiệt tại mỗi điểm trên bề mặt phát xạ. Đây là đại lượng tổng cộng bức xạ bán cầu.	M	W/m^2
5.3 Năng suất bức xạ phổ (spectral excitance) Năng suất bức xạ toàn phần chia cho khoảng phổ có tâm tại bước sóng λ . $M_\lambda = \frac{\partial M}{\partial \lambda} = q_{r,\lambda}^+ \text{ hoặc } q_{r,\lambda}^-$	M_λ	W/m^3 $W/(m^2 \cdot \mu m)$
5.4 Vật đen (black body) (vật bức xạ toàn phần hoặc bức xạ Planck) Vật đen là vật hấp thụ toàn bộ bức xạ tới với mọi bước sóng, mọi hướng và mọi độ phân cực. Tại mỗi nhiệt độ nhất định, mỗi bước sóng phát xạ một năng lượng nhiệt cực đại (Bức xạ phổ cực đại). Kết hợp với định luật định nghĩa sự phát xạ, nên sự phát xạ của vật thể thực có thể được so sánh với với một vật đen. CHÚ THÍCH: Thuật ngữ có liên quan đến vật đen được ký hiệu chỉ số trên là $(^o)$.		
5.5 Năng suất bức xạ toàn phần của vật đen (black body total)	M^o	W/m^2

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
<p>excitance) Được đưa ra theo định luật Stefan-Boltzmann:</p> $M^o = \sigma T^4$ <p>Trong đó: σ là hằng số Stefan-Boltzmann và bằng $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$;</p> <p>$T$ là nhiệt độ tuyệt đối của vật đen.</p>		
<p>5.6 Năng suất bức xạ phổ của vật đen (black body spectral excitance)</p> <p>Xác định bởi định luật Planck, thể hiện mối liên hệ giữa M_λ^o ứng với bước sóng λ và nhiệt độ tuyệt đối của vật đen.</p> $M_\lambda^o = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(\frac{C_2}{\lambda \cdot T}\right) - 1}$ <p>Trong đó</p> $C_1 = 2\pi h c_0^2 = 3,741 \times 10^{16} \text{ W/m}^2;$ $C_2 = \frac{h c_0}{k} = 0,014388 \text{ m} \cdot \text{K}$ <p>h và k tương ứng là hằng số Planck và hằng số Boltzmann, c_0 là tốc độ sóng điện từ trong chân không.</p> <p>Có thể vẽ được đường cong $M_\lambda^o = f(\lambda)$ có giá trị lớn nhất tại bước sóng λ_m ứng với mỗi nhiệt độ, λ_m là một hàm của nhiệt độ nhưng giá trị $\lambda_m \cdot T$ là một hằng số (định luật chuyển dời của Wien):</p> $\lambda_m \cdot T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ <p>M^o và M_λ^o là các thuật ngữ bức xạ bán cầu.</p> <p>Sự phát xạ của vật đen là đẳng hướng hoặc khuếch tán, ví dụ L^o và L_λ^o không phụ thuộc vào hướng phát xạ (định luật Lambert).</p> <p>Bức xạ phổ hoặc toàn phần của vật đen được thể hiện bởi</p> $L^o = \frac{M^o}{\pi}; L_\lambda^o = \frac{M_\lambda^o}{\pi}$	M_λ^o	W/m^3 $\text{W/(m}^2 \cdot \mu\text{m)}$
<p>5.7 Phát xạ của các vật thực (emission of real bodies)</p> <p>Việc đánh giá các tính chất phát xạ của vật thực so với vật đen ở cùng các điều kiện nhiệt độ là tương đối. Thông thường, các tính chất này phụ thuộc vào bản chất và bề mặt của vật thể và thay đổi theo bước sóng, hướng phát xạ và nhiệt độ bề mặt.</p>		
<p>5.8 Độ phát xạ toàn phần theo hướng (total directional emissivity)</p>	ε_Ω	

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
<p>Bức xạ toàn phần, L_{Ω}, bởi bề mặt đang xem xét chia cho bức xạ toàn phần của vật đen, L_{Ω}^o, ở cùng nhiệt độ:</p> $\varepsilon_{\Omega} = \frac{L_{\Omega}}{L_{\Omega}^o}$		
<p>5.9 Độ phát xạ phổ theo hướng (spectral directional emissivity)</p> <p>Bức xạ phổ, $L_{\Omega\lambda}$, của bề mặt đang xem xét chia cho bức xạ phổ của vật đen, $L_{\Omega\lambda}^o$, ở cùng nhiệt độ.</p> $\varepsilon_{\Omega\lambda} = \frac{L_{\Omega\lambda}}{L_{\Omega\lambda}^o}$	$\varepsilon_{\Omega\lambda}$	
<p>5.10 Độ phát xạ toàn phần bán cầu (total hemispherical emissivity)</p> <p>Năng suất bức xạ toàn phần, M, của bề mặt đang xem xét chia cho năng suất bức xạ toàn phần của vật đen, M^o ở cùng nhiệt độ.</p> $\varepsilon = \frac{M}{M^o}$	ε	
<p>5.11 Độ phát xạ phổ bán cầu (spectral hemispherical emissivity)</p> <p>Năng suất bức xạ phổ, M_{λ}, của bề mặt đang xem xét chia cho năng suất bức xạ phổ của vật đen, M_{λ}^o ở cùng nhiệt độ.</p> $\varepsilon_{\lambda} = \frac{M_{\lambda}}{M_{\lambda}^o}$	ε_{λ}	
<p>5.12 Vật xám (grey body)</p> <p>Vật phát xạ nhiệt có bức xạ phổ theo hướng hoặc bán cầu không phụ thuộc vào bước sóng:</p> $\varepsilon_{\lambda} = \varepsilon. \varepsilon_{\Omega\lambda} = \varepsilon_{\Omega}$		
<p>5.13 Vật phát xạ đẳng hướng (isotropically emitting body)</p> <p>Vật phát xạ nhiệt có bức xạ phổ hoặc toàn phần không phụ thuộc vào hướng phát xạ.</p> $\varepsilon_{\Omega} = \varepsilon. \varepsilon_{\Omega\lambda} = \varepsilon_{\lambda}$		
<p>5.14 Vật xám phát xạ đẳng hướng (isotropically emitting grey body)</p> <p>Vật phát xạ nhiệt có bức xạ không phụ thuộc vào cả bước sóng và hướng phát xạ.</p> $\varepsilon_{\lambda} = \varepsilon_{\Omega\lambda} = \varepsilon_{\Omega} = \varepsilon$ <p>Độ phát xạ này có thể thay đổi theo nhiệt độ: $\varepsilon(T)$.</p> <p>CHÚ THÍCH: Trong tính toán thường chấp nhận giả thuyết bề mặt vật xám và vật</p>		

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
phát xạ đẳng hướng, có bức xạ không phụ thuộc vào bước sóng và hướng phát xạ. Trong trường hợp này các bức xạ khác nhau của bề mặt giảm xuống chỉ còn một thông số, ε .		

6 Các thuật ngữ liên quan đến bề mặt vật không trong suốt hoặc bề mặt bán trong suốt đối với bức xạ nhiệt

Khi năng lượng bức xạ có bước sóng λ chiếu lên bề mặt vật liệu theo hướng \vec{A} bên trong góc khối Ω

- Thành phần $\varrho_{\Omega\lambda}$ là phần phản xạ;
- Thành phần $\alpha_{\Omega\lambda}$ là phần hấp thụ bên trong vật liệu; và
- Thành phần $\tau_{\Omega\lambda}$ là phần truyền qua.

Ba đại lượng $\varrho_{\Omega\lambda}$, $\alpha_{\Omega\lambda}$, $\tau_{\Omega\lambda}$ có mối liên hệ như sau:

$$\varrho_{\Omega\lambda} + \alpha_{\Omega\lambda} + \tau_{\Omega\lambda} = 1$$

Công thức tương tự đối với các đại lượng liên quan tới bức xạ phổ, theo hướng và bán cầu toàn phần.

Các đại lượng bức xạ toàn phần và phổ bao hàm cả bức xạ tới và đẳng hướng.

$\alpha = 1$ đối với vật đen

$\tau = 0$ đối với vật không trong suốt

$\alpha = \alpha_\lambda$; $\rho = \rho_\lambda$; $\tau = \tau_\lambda$ đối với vật xám

$\alpha = \alpha_{\Omega\lambda}$; $\rho = \rho_{\Omega\lambda}$; $\tau = \tau_{\Omega\lambda}$ đối với vật xám khuếch tán hoặc đẳng hướng.

Đối với bức xạ có bước sóng và hướng nhất định, trong tất cả các trường hợp thì có:

$$\alpha_{\Omega\lambda}(T) = \varepsilon_{\Omega\lambda}(T)$$

Xác định theo định luật Kirchhoff: ứng với mỗi bước sóng và theo mỗi hướng lan truyền bức xạ của bề mặt bức xạ hoặc tiếp nhận, ở mỗi nhiệt độ nhất định, độ bức xạ và độ hấp thụ phổ theo hướng là bằng nhau.

Định luật Krichhoff cũng dùng cho đại lượng bức xạ phổ bán cầu:

$$\varepsilon_\lambda(T) = \alpha_\lambda(T)$$

Nhưng nhìn chung mối quan hệ này không thể mở rộng với bức xạ toàn phần được phát xạ hoặc hấp thụ bởi vật thể. Do đó không thể viết $\varepsilon = \alpha$, ngoại trừ đối với vật đen và vật xám và/hoặc trong trường hợp phân bố phổ của bức xạ tới giống như vật đen ở cùng nhiệt độ và cùng bề mặt đang xem xét.

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
6.1 Cường độ bức xạ toàn phần (total irradiance) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt nhận bởi bề mặt chia cho diện tích bề mặt đó.	E	W/m^2

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
$E = \frac{\partial \Phi}{\partial A} = q_r^+ \text{ hoặc } q_r^-$ <p>CHÚ THÍCH: E là mật độ diện tích của lưu lượng dòng nhiệt bức xạ tại mỗi điểm trên bề mặt phát xạ. Đây là tổng các giá trị bán cầu.</p>		
6.2 Cường độ bức xạ phổ (spectral irradiance) Cường độ bức xạ chia cho khoảng phổ có tâm tại bước sóng λ . $E_\lambda = \frac{\partial E}{\partial \lambda} = q_{r,\lambda}^+ \text{ hoặc } q_{r,\lambda}^-$	E_λ	W/m^3 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$
6.3 Độ phát xạ toàn phần (total radiosity) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt được phát xạ hoặc phản xạ bởi bề mặt vật không trong suốt chia cho diện tích bề mặt đó. $J = \frac{\partial \Phi}{\partial A} = q_r^+ \text{ hoặc } q_r^-$ <p>CHÚ THÍCH: J là mật độ diện tích của lưu lượng dòng nhiệt tại mỗi điểm trên bề mặt vật không trong suốt cũng như trên bề mặt phát xạ và phản xạ.</p>	J	W/m^2
6.4 Độ phát xạ phổ (spectral radiosity) Cường độ phát xạ toàn phần chia cho khoảng phổ có tâm tại bước sóng λ . $J_\lambda = \frac{\partial J}{\partial \lambda}$	J_λ	W/m^3 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m})$
6.5 Độ hấp thụ toàn phần (total absorptance) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt hấp thụ bởi bề mặt, Φ_a , chia cho lưu lượng dòng bức xạ nhiệt chiếu tới, Φ_i : $\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$	α	
6.6 Độ phản xạ toàn phần (total reflectance) Lưu lượng dòng bức xạ nhiệt phản xạ bởi bề mặt, Φ_r , chia cho lưu lượng dòng bức xạ nhiệt chiếu tới, Φ_i : $\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$	ρ	
6.7 Độ truyền qua toàn phần (total transmittance) Lưu lượng dòng nhiệt bức xạ truyền qua bề mặt, Φ_t , chia cho lưu lượng dòng nhiệt bức xạ tới, Φ_i : $\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$	τ	

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
6.8 Độ hấp thụ phổ (spectral absorptance) Lưu lượng dòng bức xạ phổ hấp thụ bởi bề mặt, $\Phi_{\lambda a}$, chia cho lưu lượng dòng bức xạ phổ chiếu tới, giả định rằng bức xạ chiếu tới là đẳng hướng: $\alpha_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda a}}{\Phi_{\lambda i}}$	α_{λ}	
6.9 Độ phản xạ phổ (spectral reflectance) Lưu lượng dòng nhiệt bức xạ phổ phản xạ bởi bề mặt, $\Phi_{\lambda r}$, chia cho lưu lượng dòng nhiệt bức xạ phổ chiếu tới, giả định rằng bức xạ chiếu tới là đẳng hướng: $\rho_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda a}}{\Phi_{\lambda i}}$	ρ_{λ}	
6.10 Độ truyền qua phổ (spectral transmittance) Lưu lượng dòng nhiệt bức xạ phổ truyền qua bề mặt, $\Phi_{\lambda t}$, chia cho lưu lượng dòng nhiệt bức xạ phổ chiếu tới, giả định rằng bức xạ chiếu tới là đẳng hướng: $\tau_{\lambda} = \frac{\Phi_{\lambda t}}{\Phi_{\lambda i}}$	τ_{λ}	
6.11 Độ hấp thụ phổ theo hướng (spectral directional absorptance) Bức xạ phổ hấp thụ bởi bề mặt, $L_{\Omega \lambda a}$, chia cho bức xạ phổ chiếu tới theo hướng, $L_{\Omega \lambda i}$. $\alpha_{\Omega \lambda} = \frac{L_{\Omega \lambda a}}{L_{\Omega \lambda i}}$	$\alpha_{\Omega \lambda}$	
6.12 Độ phản xạ phổ theo hướng (spectral directional reflectance) Bức xạ phổ phản xạ bởi bề mặt theo hướng Ω' , $L_{\Omega' \lambda r}$, chia cho bức xạ phổ chiếu tới theo hướng, $L_{\Omega \lambda i}$. $\rho_{\Omega \lambda} = \frac{L_{\Omega' \lambda a}}{L_{\Omega' \lambda i}}$ CHÚ THÍCH: Phản xạ có thể khuếch tán hoặc phản chiếu.	$\rho_{\Omega \lambda}$	
6.13 Độ truyền qua phổ theo hướng (spectral directional transmittance) Bức xạ phổ truyền qua bởi bề mặt theo hướng Ω' , $L_{\Omega' \lambda t}$, chia cho bức xạ phổ chiếu tới theo hướng, $L_{\Omega \lambda i}$. $\tau_{\Omega \lambda} = \frac{L_{\Omega' \lambda t}}{L_{\Omega' \lambda i}}$ CHÚ THÍCH: Truyền qua có thể khuếch tán hoặc không có định hướng.	$\tau_{\Omega \lambda}$	

7 Các thuật ngữ liên quan đến môi trường bán trong suốt nhận bức xạ nhiệt – kết hợp dẫn nhiệt và truyền nhiệt bằng bức xạ

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
7.1 Hệ số tắt dần phổ theo hướng (spectral directional extinction coefficient) Sự giảm dần tuyến tính của bức xạ phổ phụ thuộc vào khả năng hấp thụ theo hướng $\vec{\Delta}$ và tán xạ dọc theo các hướng khác, chia cho bức xạ phổ chiếu tới: $\beta_{\Omega\lambda} = \frac{dL_{\Omega\lambda}^E}{ds} \times \frac{1}{L_{\Omega\lambda}}$	$\beta_{\Omega\lambda}$	m^{-1}
7.2 Hệ số hấp thụ phổ theo hướng (spectral directional absorption coefficient) Sự giảm dần tuyến tính của bức xạ phổ phụ thuộc vào khả năng hấp thụ theo hướng $\vec{\Delta}$, chia cho bức xạ phổ chiếu tới: $\chi_{\Omega\lambda} = \frac{dL_{\Omega\lambda}^A}{ds} \times \frac{1}{L_{\Omega\lambda}}$	$\chi_{\Omega\lambda}$	m^{-1}
7.3 Hệ số tán xạ phổ theo hướng (spectral directional scattering coefficient) Sự giảm dần tuyến tính của bức xạ phổ phụ thuộc vào khả năng tán xạ theo hướng $\vec{\Delta}$, chia cho bức xạ phổ chiếu tới: $\sigma_{\Omega\lambda} = \frac{dL_{\Omega\lambda}^S}{ds} \times \frac{1}{L_{\Omega\lambda}}$ CHÚ THÍCH: Các đại lượng $\beta_{\Omega\lambda}$, $\chi_{\Omega\lambda}$ và $\sigma_{\Omega\lambda}$ liên hệ với nhau theo công thức: $\beta_{\Omega\lambda} = \chi_{\Omega\lambda} + \sigma_{\Omega\lambda}$	$\sigma_{\Omega\lambda}$	m^{-1}
7.4 Hệ số tắt dần phổ khối theo hướng (mass spectral directional extinction coefficient) Hệ số tắt dần phổ theo hướng chia cho tỷ trọng của môi trường bán trong suốt: $\beta'_{\Omega\lambda} = \frac{\beta_{\Omega\lambda}}{\rho}$	$\beta'_{\Omega\lambda}$	m^2/kg
7.5 Hệ số hấp thụ phổ khối theo hướng (mass spectral directional absorption coefficient) Hệ số hấp thụ phổ theo hướng chia cho tỷ trọng của môi trường bán trong suốt:	$\chi'_{\Omega\lambda}$	m^2/kg

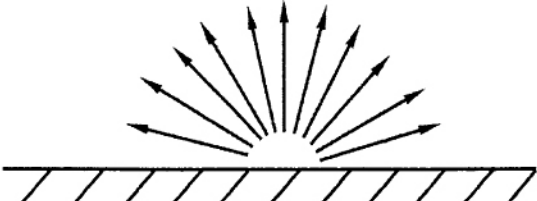
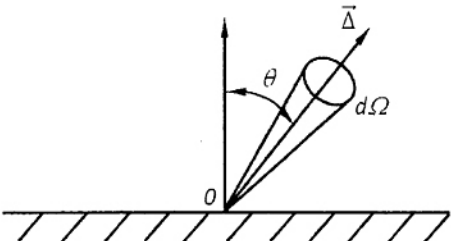
Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
$\chi'_{\Omega\lambda} = \frac{\chi_{\Omega\lambda}}{\rho}$		
<p>7.6 Hệ số tán xạ phổ khối theo hướng (mass spectral directional scattering coefficient)</p> <p>Hệ số tán xạ phổ theo hướng chia cho tỷ trọng của môi trường bán trong suốt:</p> $\sigma'_{\Omega\lambda} = \frac{\sigma_{\Omega\lambda}}{\rho}$ <p>CHÚ THÍCH: - Nếu môi trường bán trong suốt là vật đẳng hướng:</p> $\beta_{\Omega\lambda} = \beta_{\lambda}, \chi_{\Omega\lambda} = \chi_{\lambda}, \sigma_{\Omega\lambda} = \sigma_{\lambda}$ <p>- Nếu là vật xám và đẳng hướng:</p> $\beta_{\Omega\lambda} = \beta, \chi_{\Omega\lambda} = \chi, \sigma_{\Omega\lambda} = \sigma$	$\sigma'_{\Omega\lambda}$	m ² /kg
<p>7.7 Chiều dày quang học phổ theo hướng (spectral directional optical thickness): Được xác định bởi công thức</p> $\tau_{\Omega\lambda}(d) = \int_0^d \beta_{\Omega\lambda}(s) ds$ <p>chiều dày lớp d, là giá trị đo khả năng bức xạ nhiệt giảm dần theo bước sóng λ khi xuyên qua khoảng cách vật liệu bán trong suốt xác định. Đối với các lớp đồng nhất đẳng hướng và đẳng nhiệt thì $\beta_{\Omega\lambda}(d) =$ hằng số, và $\tau_{\lambda} = \beta_{\lambda} \cdot d$.</p>	$\tau_{\Omega\lambda}$	
<p>7.8 Hàm số pha (phase function)</p> <p>Hàm số toán học mô tả sự phân bố không gian của bức xạ tán xạ:</p> $\frac{p_{\lambda}(\vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) d\Omega}{4\pi}$ <p>Đại diện cho xác suất bức xạ chiếu tới bên trong góc khối $d\Omega'$ theo hướng $\vec{\Omega}'$ bị tán xạ trên một đơn vị góc khối theo hướng $\vec{\Omega}$.</p> <p>CHÚ THÍCH: Đây là đặc tính của vật liệu tán xạ không đẳng hướng. Nếu bức xạ tán xạ là đẳng hướng thì $p_{\lambda}(\vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) = 1$.</p>	p_{λ}	
<p>7.9 Suất phản chiếu (albedo) phổ theo hướng (spectral directional albedo)</p> <p>Hệ số tán xạ phổ theo hướng chia cho hệ số tắt dần phổ theo hướng:</p> $\omega_{\Omega\lambda} = \frac{\sigma_{\Omega\lambda}}{\beta_{\Omega\lambda}}$ <p>CHÚ THÍCH:</p>	$\omega_{\Omega\lambda}$	

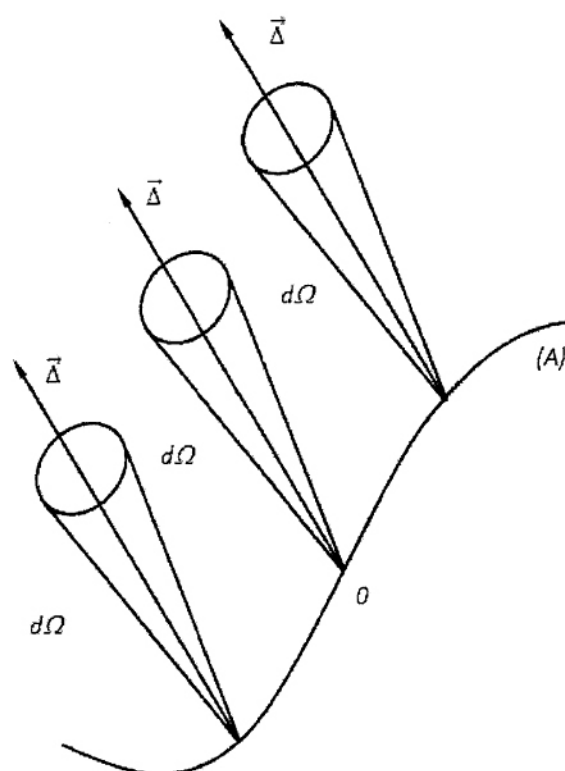
Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
Với môi trường đẳng hướng, $\omega_{n\lambda}$ không phụ thuộc vào hướng và thuật ngữ ω_λ có thể được thay thế. Trong quá trình hấp thụ, môi trường không tán xạ ($\sigma_\lambda = 0$), $\omega_\lambda = 0$, và quá trình không hấp thụ tán xạ ($\chi_\lambda = 0$), $\omega_\lambda = 0$.		
7.10 Lớp phẳng bán trong suốt (semi-transparent plane layer) Lớp bán trong suốt chiều dày d , được giới hạn bởi lớp biên song song hoặc đường biên song song vô hạn, với các đặc tính quang học và nhiệt xác định.		
7.11 Phương trình truyền bức xạ (equation of radiative transfer) Mối quan hệ toán học mô tả sự thay đổi bức xạ phổ trong môi trường hấp thụ, phát xạ và tán xạ. CHÚ THÍCH: Nghiệm của phương trình sẽ phụ thuộc vào các đặc tính bức xạ của môi trường: hệ số tắt dần phổ, suất phản chiếu phổ, hàm số pha của phổ và trong các điều kiện biên về quang học và nhiệt học.		
7.12 Phép xấp xỉ khuếch tán Rosseland (Rosseland, diffusion approximation) Phép xấp xỉ của phương trình truyền bức xạ có xem xét tới chiều dày quang học của môi trường và không tính đến điều kiện biên.		
7.13 Phép xấp xỉ hai thông lượng Schuster-Schwartzschild (Schuster-Schwartzschild, two-flux approximation) Phép xấp xỉ của phương trình truyền bức xạ với hình học phẳng một chiều (lớp phẳng bán trong suốt) dựa trên giả định rằng phần bức xạ phổ theo hướng dương có thể được tích hợp bởi ký hiệu $q_{r,\lambda}^+$, trong khi các phần theo hướng âm có thể được tích hợp bởi ký hiệu $q_{r,\lambda}^-$.		
7.14 Độ bức xạ hoặc dẫn nhiệt bức xạ (radiative thermal conductivity or radiativity) Đại lượng được xác định bởi mối liên hệ sau: $\vec{q}_r = -\lambda_r \text{grad}T$ Với lớp phẳng có thể được thể hiện như sau: $q_r = -\lambda_r \frac{\partial T}{\partial n}$ Trong đó n là pháp tuyến của lớp phẳng. CHÚ THÍCH: Các mối liên hệ trên là kết quả của phép xấp xỉ Rosseland (7.12) với ưu điểm là mối quan hệ đơn giản biểu diễn mật độ bức xạ toàn phần của lưu lượng dòng nhiệt, tương tự định luật Fourier đối với truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt. Trong trường hợp vật liệu cách nhiệt có thể có chiều dày đủ lớn để cho phép các	λ_r	W/(m.K)

Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
đặc tính của lớp được biểu thị bởi tổnghai đại lượng độc lập, một đại lượng tương ứng với độ dẫn nhiệt qua nền rắn và hệ khí kín và một đại lượng là độ bức xạ. Đại lượng "Độ bức xạ", λ_r , ngược với "độ dẫn nhiệt". Khi xem xét truyền nhiệt bằng bức xạ trong vật liệu cách nhiệt, độ bức xạ được định nghĩa chính xác là độ dẫn nhiệt bức xạ, nhưng phải tuân theo quy trình thử nghiệm, đây là cách tốt nhất để biết sự gia tăng chiều các lớp vật liệu, sự gia tăng chiều dày lớp vật liệu chia cho sự gia tăng nhiệt trở của lớp tương ứng trong điều kiện đưa ra trong 7.15 đến 7.18 (xem Hình 4). Trong trường hợp này, 7.14 giống như 7.16.		
7.15 Hệ số truyền (transfer factor) Đặc tính của vật liệu cách nhiệt có liên quan đến tính chất kết hợp dẫn nhiệt và truyền nhiệt bức xạ; nó phụ thuộc vào điều kiện thực nghiệm được biểu thị bởi công thức $T = \frac{qd}{\Delta T} = \frac{d}{R}$ CHÚ THÍCH: Có thể bắt đầu từ việc đo q, d và ΔT trong tấm nóng được bảo vệ; đây là một tính chất vật liệu chỉ được thể hiện khi $d \gg d_\infty$ (xem Hình 4).	T	W/(m.K)
7.16 Độ bức xạ (radiativity) Đặc tính của vật liệu cách nhiệt chỉ liên quan đến truyền nhiệt bằng bức xạ, được biểu thị bởi công thức $\lambda_r = \left(\frac{\Delta d}{\Delta R_r}\right)_{d > d_\infty}$ Trong đó: R_r là nhiệt trở chỉ phụ thuộc vào truyền nhiệt bằng bức xạ và d_∞ chỉ ra trong Hình 4. CHÚ THÍCH: Có thể bắt đầu từ việc đo q, d và ΔT dưới điều kiện môi trường chân không khi truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt trong nền chất rắn không đáng kể.	λ_r	W/(m.K)
7.17 Độ dẫn nhiệt của chất rắn và khí kết hợp (combined gaseous and solid conductivity) Đặc tính của vật liệu cách nhiệt có liên quan đến truyền nhiệt chỉ bằng dẫn nhiệt; tương tự như λ_r , được biểu thị $\lambda_{cd} = \left(\frac{\Delta d}{\Delta R_{cd}}\right)_{d > d_\infty}$ R_{cd} là nhiệt trở phụ thuộc vào truyền nhiệt chỉ bởi dẫn nhiệt và d_∞ chỉ ra trong Hình 4. CHÚ THÍCH: λ_{cd} được tính toán từ mô hình lý thuyết.	λ_{cd}	W/(m.K)
7.18 Độ truyền nhiệt (thermal transmissivity)	λ_t	W/(m.K)

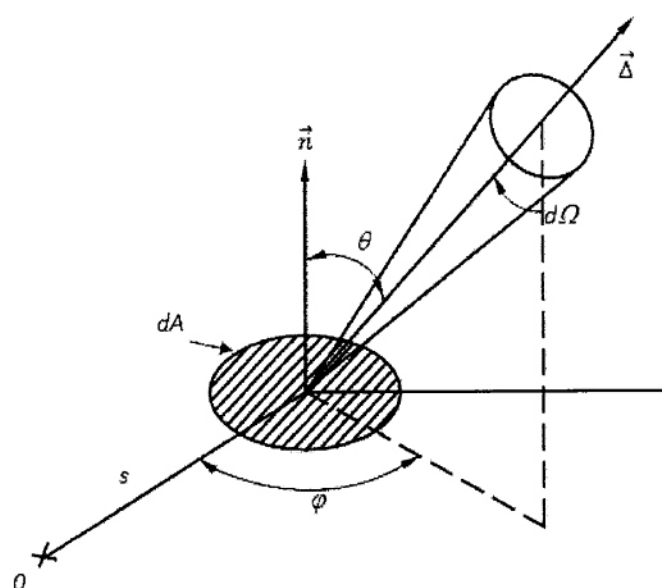
Thuật ngữ	Ký hiệu	Đơn vị (bao gồm cả dấu nhân hoặc chia)
<p>Đặc tính của vật liệu cách nhiệt liên quan đến kết hợp truyền nhiệt bức xạ và dẫn nhiệt, nó không phụ thuộc vào điều kiện thực nghiệm và được biểu thị bởi</p> $\lambda_t = \left(\frac{\Delta d}{\Delta R}\right)_{d>d_\infty}$ <p>R là nhiệt trở phụ thuộc vào truyền nhiệt bức xạ kết hợp với dẫn nhiệt (xem TCVN 9313:2012 (ISO 7345:1987), 2.7); d_∞ chỉ ra trong Hình 4.</p> <p>CHÚ THÍCH:</p> <p>Theo định nghĩa trước đó, độ truyền nhiệt có thể được biểu diễn bởi</p> $\lambda_t = \lambda_{cd} + \lambda_r$ <p>Độ truyền nhiệt có thể đạt tới giới hạn bởi thông số truyền trong các lớp dày, mà truyền nhiệt bức xạ kết hợp với dẫn nhiệt được xem xét.</p> <p>Các giá trị này thường được gọi là hệ số dẫn nhiệt "biểu kiến", "tương đương", hoặc "hiệu quả" (xem TCVN 9313:2012 (ISO 7345:1987), Phụ lục). Xem Hình 4.</p>		

Bảng 1 – Tóm tắt các khái niệm

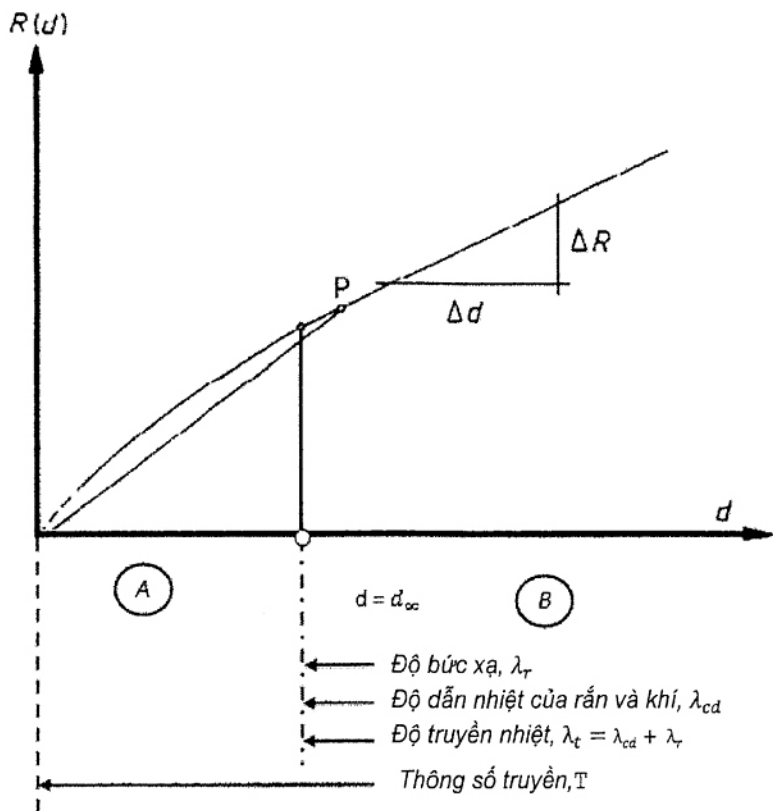
Bán cầu	Theo hướng
	
Bức xạ phổ bán cầu	Bức xạ phổ theo hướng
$\Phi_\lambda, M_\lambda, \varepsilon_\lambda, E_\lambda, J_\lambda$ $\alpha_\lambda, \rho_\lambda, \tau_\lambda$ $\beta_\lambda, \chi_\lambda, \sigma_\lambda$ $\beta'_\lambda, \chi'_\lambda, \sigma'_\lambda$	$I_{\Omega\lambda}, L_{\Omega\lambda}, \varepsilon_{\Omega\lambda}$ $\alpha_{\Omega\lambda}, \rho_{\Omega\lambda}, \tau_{\Omega\lambda}$ $\beta_{\Omega\lambda}, \chi_{\Omega\lambda}, \sigma_{\Omega\lambda}$ $\beta'_{\Omega\lambda}, \chi'_{\Omega\lambda}, \sigma'_{\Omega\lambda}$
Bức xạ toàn phần bán cầu	Bức xạ toàn phần theo hướng
$\Phi, M, \varepsilon, E, J$ α, ρ, τ β, χ, σ	$I_\Omega, L_\Omega, \varepsilon_\lambda$ $\alpha_\Omega, \rho_\Omega, \tau_\Omega$ $\beta_\Omega, \chi_\Omega, \sigma_\Omega$ $\beta'_\Omega, \chi'_\Omega, \sigma'_\Omega$



Hình 2 – Định nghĩa về cường độ



Hình 3 – Định nghĩa về bức xạ



Vùng A ($d < d_{\infty}$): tỷ lệ $\Delta d/\Delta R$ không phải hằng số, λ_t không thể đo đạc; thông số truyền, T , không phải là tính chất của vật liệu đẳng hướng mà phụ thuộc vào điều kiện thực nghiệm.

Vùng B ($d \geq d_{\infty}$): tỷ lệ $\Delta d/\Delta R$ là hằng số; Độ truyền nhiệt, λ_t , là tính chất vật liệu đẳng hướng không phụ thuộc vào điều kiện thực nghiệm, không thể đo đạc; Trong trường hợp xác định λ_r , và λ_{cd} theo tính chất vật liệu và đặt $\lambda_t = \lambda_{cd} + \lambda_r$. Tuy nhiên, $T = d/R$ chưa độc lập với chiều dày d ; xem điểm P. $T = \lambda_t$ chỉ xảy ra khi $d \gg d_{\infty}$.

Hình 4 – Nhiệt trở theo chiều dày

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] HOTTEL, H.C. and SAFORIM, A.F., Radiative Transfer, McGraw Hill, 1967.
 - [2] OZISIK, M.N., Radiative Transfer and Interactions with Conduction and Convection, John Wiley & Sons, 1973.
 - [3] SIEGEL, R. and HOWELL, J., Thermal Radiation Heat Transfer, 2nd ed., McGraw Hill, 1981.
-