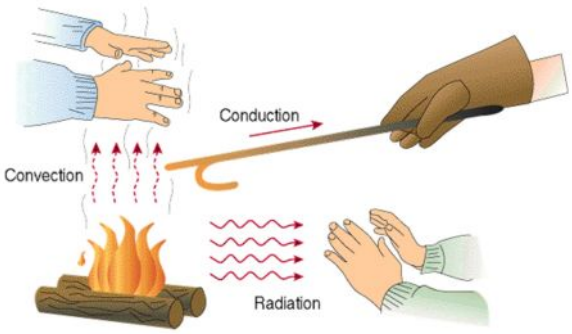
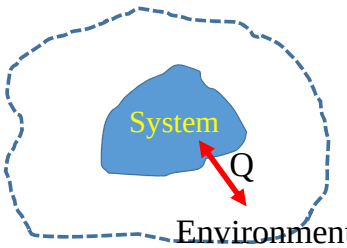
فصل پنجم (۲)

دما، گرما و قانون اول ترمودینامیک

سازوکارهای انتقال گرما

- رسانش (Conduction)
- همرفت (Convection)
- تابش (Radiation)



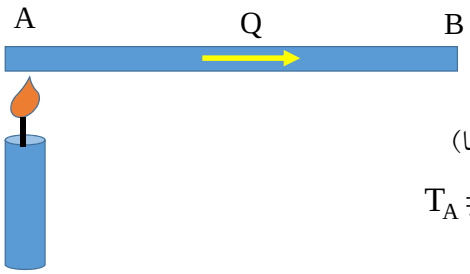


رسانش یا هدایت

انتقال گرما بدون جابه جایی ماده، فقط از طریق دست به دست شدن انرژی بین مولکولها

گرم کردن یک طرف میله با دو پدیده همراه است:

- ❖ افزایش طول میله
- ❖ انتقال گرما از یک سر به انتهای دیگر



ابتدا نقطه A گرم شده و به مرور نقطه B گرم می شود

بعد از مدتی دمای نقاط مختلف ثابت می گردد (حالت مانا)

دمای نقاط مختلف، نسبت به همدیگر متفاوت است $T_A \neq T_B$

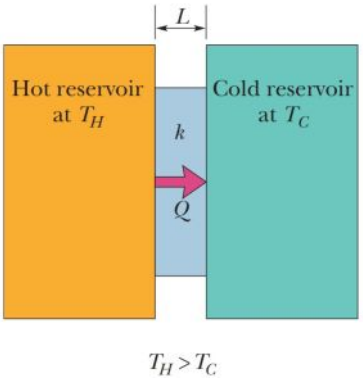
تحت شرایط مانا یا پایا

* بره ای به مقطع A ، ضخامت L و ضریب رسانش k بین دو چشمه گرم و سرد قرار گرفته شده است.

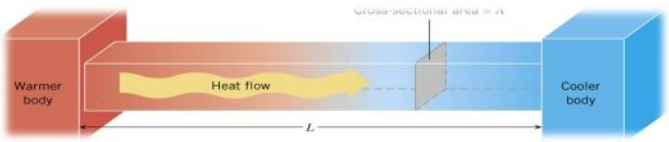
* انتقال گرما از چشمه گرم به سمت چشمه سرد

* **در حالت پایا، نرخ انتقال گرما بین دو چشمه ثابت است**

$$\frac{Q}{t} = cons\tan t$$



$T_H > T_C$



نرخ انتقال گرما در شرایط پایا:

$$P = \frac{Q}{t} = kA\frac{T_H - T_C}{L} = cons\tan t$$

k = رسانندگی گرمایی

ضریبی که بیانگر قدرت جسم برای انتقال گرما یا سرعت انتقال گرما در جسم است

این ضریب وابسته به جنس جسم

k ی بزرگتر معادل با رسانای بهتر و k ی کوچکتر معادل با عایق بهتر

مقاومت گرمایی نقطه مقابل رسانش گرمایی

عایق بهتر = R بزرگتر

ضخامت بره

مقاومت گرمایی $R = \frac{L}{k}$

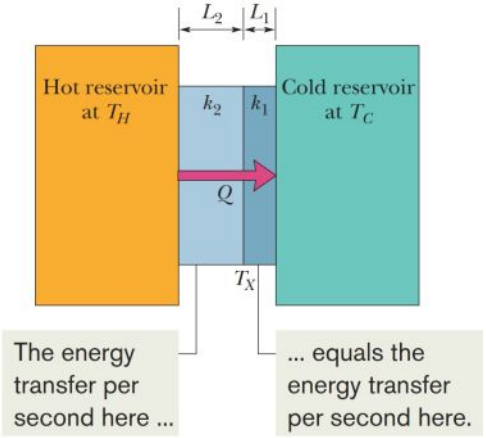
R به هندسه جسم (L) و جنس جسم (k) وابسته است

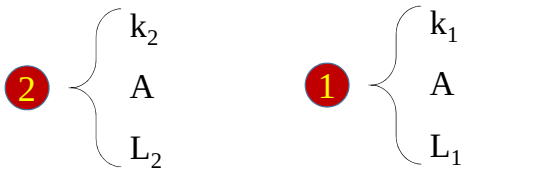
Table 18-6 Some Thermal Conductivities

Substance	k (W/m · K)
Metals	
Stainless steel	14
Lead	35
Iron	67
Brass	109
Aluminum	235
Copper	401
Silver	428
Gases	
Air (dry)	0.026
Helium	0.15
Hydrogen	0.18
Building Materials	
Polyurethane foam	0.024
Rock wool	0.043
Fiberglass	0.048
White pine	0.11
Window glass	1.0

رسانش در بره یا تیغه مرکب

اگر جسم قرار گرفته بین دو چشمه سرد و گرم شامل چند تیغه متوالی باشد





نرخ انتقال گرما در بره ۱ = نرخ انتقال گرما در بره ۲

$$P_{\text{cond}} = \frac{k_2 A(T_H - T_X)}{L_2} = \frac{k_1 A(T_X - T_C)}{L_1}$$

دما در مرز دو بره برابر با T_x

$$T_X = \frac{k_1 L_2 T_C + k_2 L_1 T_H}{k_1 L_2 + k_2 L_1}$$

$$P_{\text{cond}} = \frac{A(T_H - T_C)}{L_1/k_1 + L_2/k_2}$$

در صوتی که n بره به صورت متوالی بین دو چشمه قرار داشته باشد

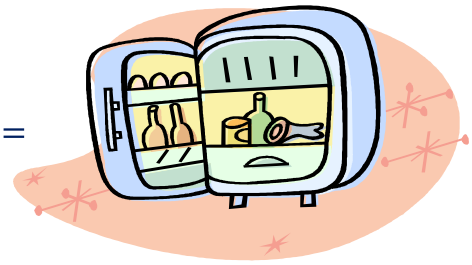
$$P_{\text{cond}} = \frac{A(T_H - T_C)}{\Sigma\,(L/k)}$$

Example:

How much heat is transferred through the Styrofoam insulation the walls of a refrigerator in an hour? The total area of the walls are about 4 m^2 and the Styrofoam is 30mm thick. The temperature inside is 5°C and the room is 25°C.

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}$$

$$\frac{Q}{t} = \frac{\left(0.84 \frac{J}{sm°C}\right)(4m^2)(25.0\,°C - 5\,°C)}{30 \times 10^{-3}\ m} =$$



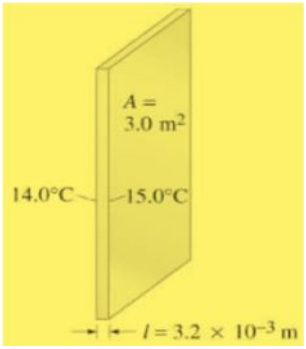
Example:

A major source of heat loss from a house is through the windows. Calculate the rate of heat flow through a glass window 2.0 m × 1.5 m in area and 3.2 mm thick, if the temperatures at the inner and outer surfaces are 15.0°C and 14.0°C, respectively.

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}$$

$$\frac{Q}{t} = \frac{\left(0.84 \frac{J}{sm°C}\right)(2.0\ m \times 1.5\ m)(15.0\,°C - 14.0\,°C)}{3.2 \times 10^{-3}\ m}$$

$$= 790\ J/s$$



کاربردهایی از مبحث رسانش

شیشه دوجداره

شامل دو شیشه که بین آنها با هوا یا یک نوع گاز خاص پر شده است

دیوارهای عایق

شامل دو دیواره که بین آنها با یک لایه فوم پلی استرن پر شده است

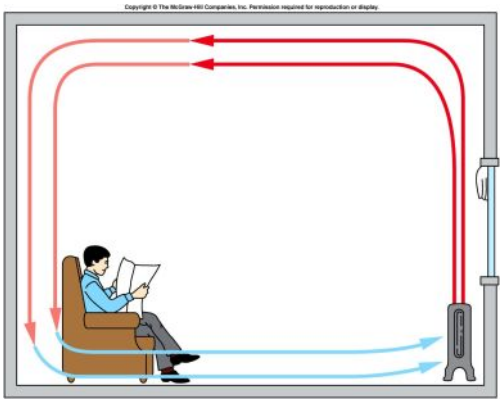
فوم پلی استر

با گیراندازی هوا در حفره های خود و نیز جلوگیری از سازوکار انتقال گرمای همرفت خاصیت عایق بودن مناسبی از خود نشان می دهد

همرفت

انتقال گرما به همراه جابه جایی سیال،

ایجاد جریان ناشی از اختلاف چگالی در سیال به دلیل اختلاف دما یا نیروی خارجی



Quiz:

When you are working out, your sweat evaporates to cool you. How much sweat must evaporate to lower the body temperature of a 80-kg man by 1°C?

تابش

بدون نیاز به محیط مادی
توسط امواج الکترومغناطیسی منتقل می شود (تابش گرمایی)

همه اجسام می توانند وابسته به دمایشان تابش با طول موج های مختلف از خود ساطع نمایند.

اجسام سرد مانند یخ، تابش خیلی کمی را منتشر می نمایند

اجسام گرم مانند بدن موجودات زنده امواج فروسرخ منتشر می سازند

جسم در دمای حدود 1000 k تابشی با نور قرمز خواهند داشت

در دمایی حدود 1700 k ، جسم تابش مریی با طول موج های مختلف از خود ساطع می نمایند

آهنگ تابش جسم گسیل کننده گرما با سطح مقطع A در دمای T

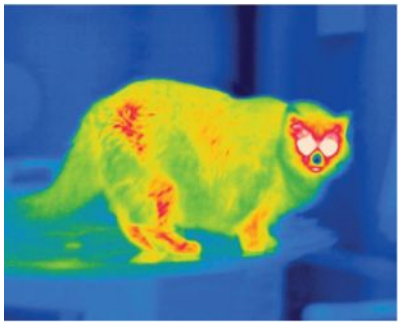
$$P_{\text{rad}} = \sigma \varepsilon A T^4$$

σ : ثابت استفان بولتزمن $\sigma = 5.6704 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2\cdot\text{K}^4$

ε : گسیل مندی سطح جسم (*emissivity*)

$$0 \le \varepsilon \le 1$$

جسم سیاه آرمانی



A : سطح مقطع تابشی جسم

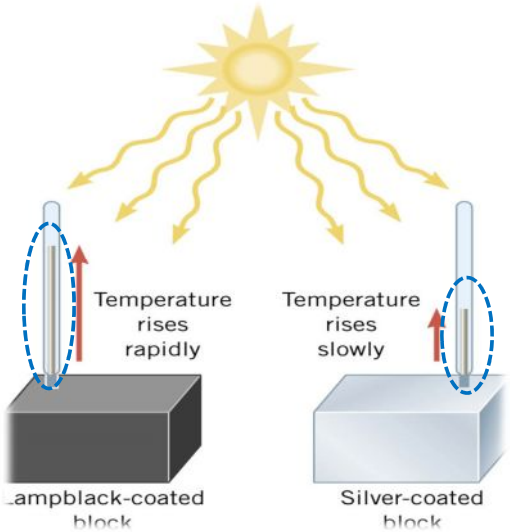
T : دمای جسم (برحسب کلوین)

آهنگ جذب انرژی گرمایی

جسم می تواند انرژی تابشی را از طریق محیط اطراف خود دریافت نماید

$$P_{\text{abs}} = \sigma \varepsilon A T_{\text{env}}^4$$

جسم سیاه آرمانی می تواند هر انرژی که به آن می رسد را جذب نماید



نرخ تغییر انرژی جسم ناشی از تابش گرمایی

$$P_{\text{net}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{rad}} = \sigma \varepsilon A (T_{\text{env}}^4 - T^4)$$

$P > 0$ ← جذب خالص انرژی گرمایی ← افزایش دمای جسم

$P < 0$ ← گسیل خالص انرژی گرمایی ← کاهش دمای جسم

در یک روز تابستانی لباس روشن باید پوشید زیرا رنگ روشن گرمای کمتری را جذب و نیز تابش می کند. بنابراین به بدن ما گرمای کمتری منتقل می شود

جسم سیاه درضمن آنکه گرمای بیشتری را جذب می کند گرمای بیشتری را نیز به سمت بدن گسیل می نماید (حدود نیمی از گرما گسیلی)

Example:

Find the rate that heat is radiated by the sun if the surface temperature is 6000K and emissivity = 1.

$$\frac{Q}{t} = \sigma \varepsilon A T^4$$

$$r_{sun} = 6.69 \times 10^8\ m, \mathrm{A} = 4\pi(6.69 \times 10^8\ m)^2 = 5.6242 \times 10^{18}\ m^2$$

$$\frac{Q}{t} = \left(5.67 \times 10^{-8} \frac{J}{sm^2K^4}\right)(1)(5.6242 \times 10^{18}\ m^2)(6000\ K)^4$$

$$= 4.13 \times 10^{26}\ J/s$$

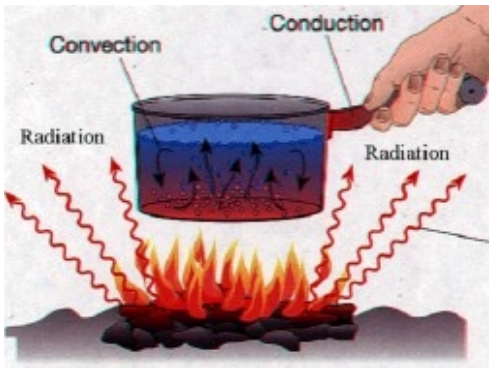
Find rate that heat is radiated from a bald head if we estimate that it is a sphere with radius 120 mm and emissivity of 0.97. (Body temperature is 37.0°C and the surrounding room is at 20°C)

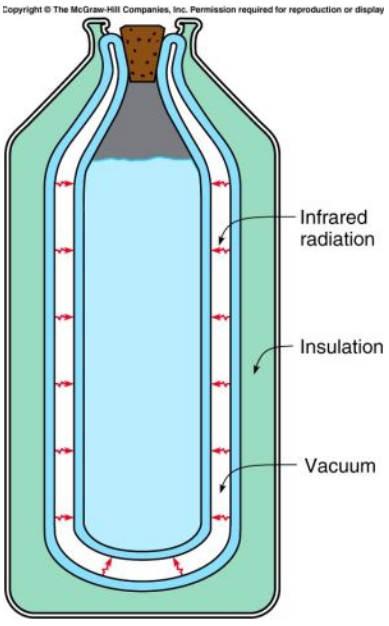
$$W\frac{Q}{t} = \sigma e A(T_2^4 - T_1^4)$$

$$\frac{Q}{t}$$

$$= \left(5.67 \times 10^{-8} \frac{J}{sm^2K^4}\right)(0.97)(4\pi(0.12\ m)^2)\left((293.15\ K)^4 - (310.15\ K)^4\right)$$

$$\frac{Q}{t} = -18.6\frac{J}{s}$$





Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.