انتقال حرارت ۱

مدرس: نفیسه بینش

سرفصل های انتقال حرارت ۱:

- فصل اول: مقدمه و تعاریف
- فصل دوم: معادلات اساسی هدایت
- فصل سوم: هدایت پایدار یک بعدی
- فصل چهارم: هدایت پایدار دو بعدی
- فصل پنجم: هدایت ناپایدار
- فصل ششم: انتقال حرارت به روش جابجایی آزاد

سرفصل های انتقال حرارت ۲:

- فصل هفتم: انتقال حرارت به روش جابجایی اجباری
- فصل هشتم: انتقال حرارت به روش تشعشع
- فصل نهم: جوشش و چگالش
- فصل دهم: مبدل های حرارتی

منبع: انتقال حرارت، اصول و کاربرد؛ جلد اول و دوم؛ دکتر نوعی-دکتر خشنودی

فصل اول : مقدمه و تعاریف

تفاوت انتقال حرارت و ترمودینامیک:

- بنابر اصل دوم ترمودینامیک چنانچه قسمتی از یک سیستم نسبت به قسمتهای دیگر آن اختلاف دما داشته باشد، انرژی حرارتی از نقاط گرم به نقاط سرد جریان می یابد.
- به کمک روابط ترمودینامیکی می توان وضعیت تعادل، دمای تعادل و مقدار کل حرارت مبادله شده را تعیین کرد.
- شدت انتقال حرارت، تغییر دمای نقاط بر حسب زمان، و یا زمان لازم برای رسیدن به تعادل، مربوط به محاسبات انتقال حرارت می باشد.

انواع مکانیسم های انتقال حرارت

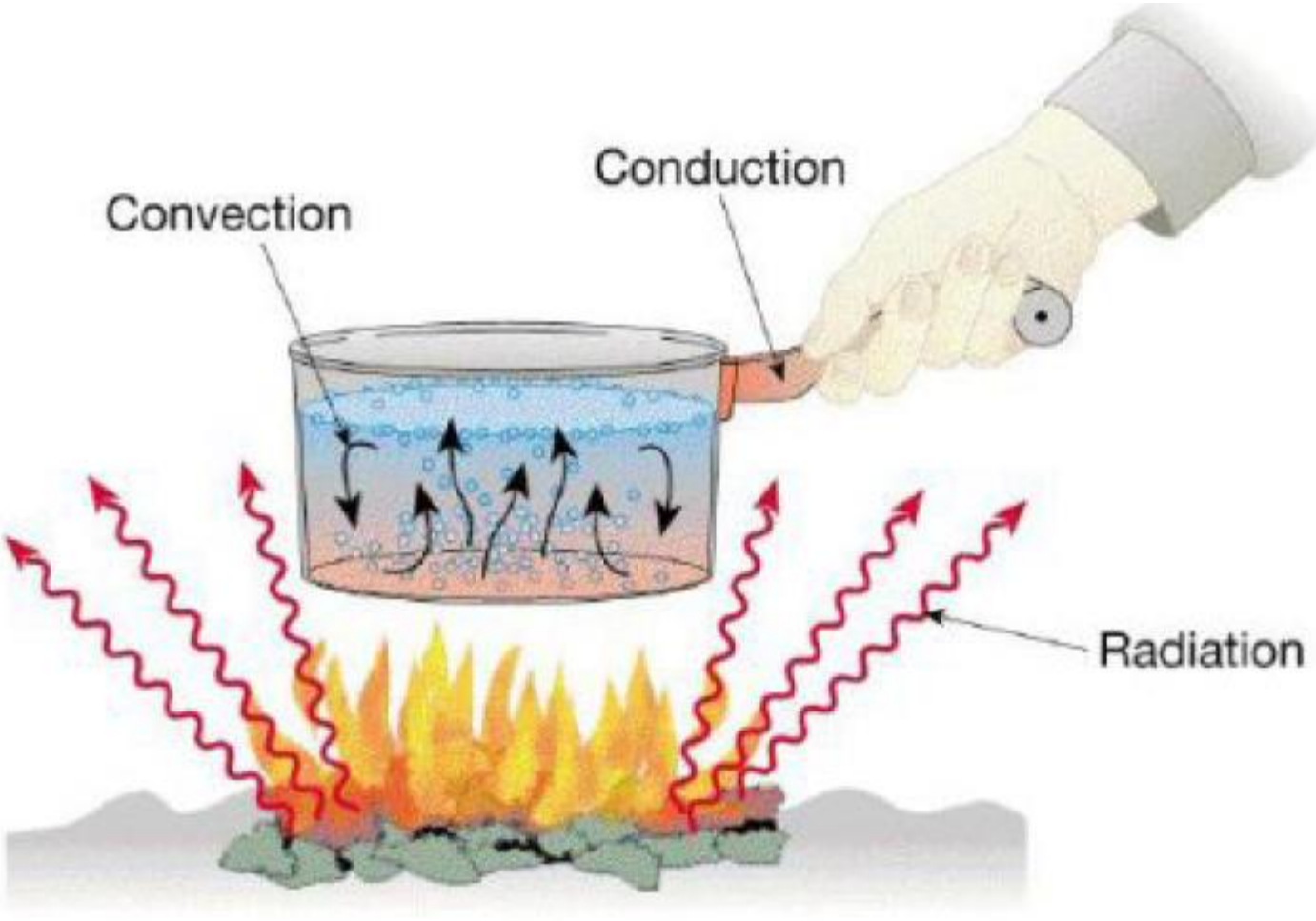
Heat transfer:
- Conduction هدایتی
- Convection (هم رفتی) جابجایی
- Radiation تشعشعی

Conduction: در جامدات و سیالات ساکن بوجود می‌آیند پس نیاز به محیط مادی دارد.

Convection: زمانی بوجود می‌آید که یک سیالی متحرکی روی یک سطحی حرکت کند.

و نیاز به محیط مادی دارد.

Radiation: بین هر دو سطح که اختلاف دما دارند همیشه تشعشع صورت می‌گیرد و نیاز به محیط مادی واسطه ندارد و مکانیزم آن به صورت امواج الکترومغناطیسی است یا photon.


Conduction
Convection
Radiation

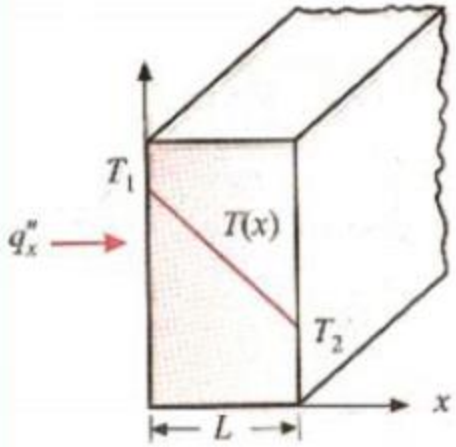
۱-۱: هدایت

جامدات: به صورت جریان الکترونهای آزاد و انتقال انرژی ارتعاشی ذرات جسم به ذرات مجاور در دمای پایینتر؛ جابجایی فیزیکی صورت نمی گیرد؛ بیشتر جامداتی که هادی خوب الکتریسیته هستند، گرما را نیز به خوبی هدایت می کنند.

گازها: به صورت برخورد مولکولهای گاز با یکدیگر و انتقال انرژی جنبشی

مایعات: پدیده هدایت پیچیده تر بوده، اما بیشتر مانند حالت گازهاست.

- **قانون فوریه:** طبق قانون فوریه شدت انتقال حرارت هدایتی (مقدار انتقال حرارت در واحد زمان) متناسب با شیب دما در جسم و اندازه سطح عبور می باشد.



$T_1 > T_2$ **فرض** $\dot{q}$ α $A\dfrac{\Delta T}{\Delta x}$

A: cross sectional Area رابطه مستقیم (سطح عمود بر جهت جریان)

ΔT : با اختلاف دما رابطه مستقیم

Δx : با فاصله رابطه عکس

$$q_x = -KA\frac{dT}{dx}$$ قانون فوریه

K: ضریب هدایت حرارتی Thermal conductivity (w/m.˚C)

q (J/S) = q(W) = K (W/m.˚C) A (m²)dT/dx(˚C/m)

دلیل منفی در قانون فوریه: ΔT و Δx مختلف العلامت هستند (شیب خط منفی)

در ساده ترین شکل قانون فوریه به صورت زیر می باشد:

$$q=-KA\frac{\Delta T}{\Delta x} = -KA\frac{T_2-T_1}{x_2-x_1} = KA\frac{T_1-T_2}{L}$$

- **نکاتی در مورد ضریب هدایت حرارتی:**
- یک خاصیت مهم حرارتی است و به نوع جسم و شرایط آن بستگی دارد.
- هرچه مقدار این ضریب بیشتر باشد، جسم هادی تر بوده و مقدار حرارت بیشتری از آن می گذرد و هرچه کمتر باشد، جسم عایق تر یا نارساناتر می باشد.
- ضرب هدایت تابع دما بوده و با تغییر دما تغییر می کند. گاهی این رابطه مستقیم و گاهی معکوس است.
- مقدار تقریبی ضریب هدایت برای برخی مواد در جدول ۱-۱ کتاب داده شده است.

- **ضریب نفوذ حرارتی α:** پارامتر دیگری که در انتقال حرارت هدایت بکار می رود و نشان دهنده سرعت پخش، نفوذ یا انتشار گرما در توده جسم است. یعنی هرچه ضریب نفوذ بیتشر باشد، گرما سریعتر در جسم پخش می شود.

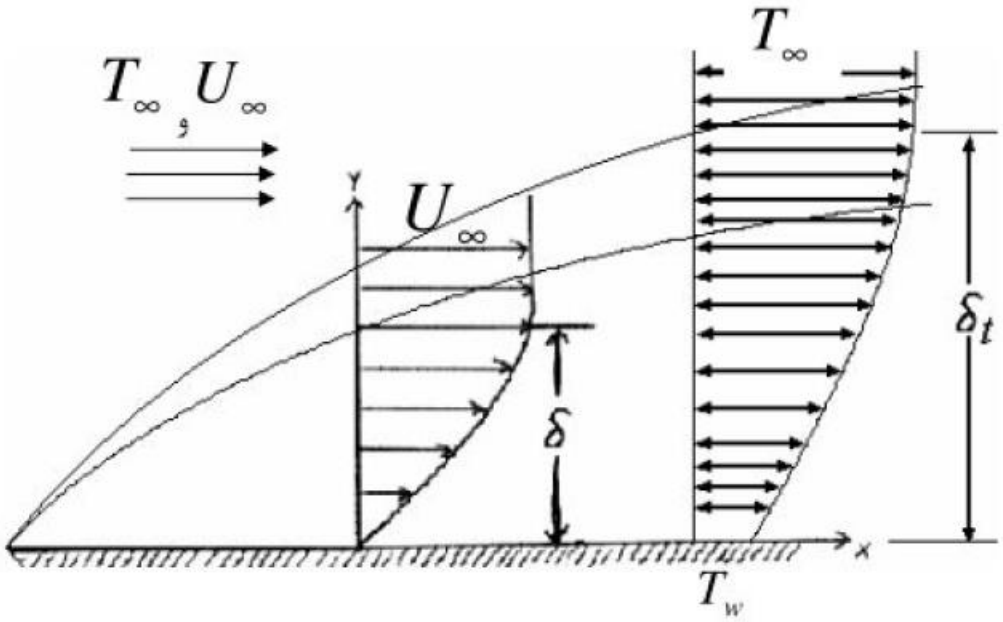
$$\alpha = \frac{K}{\rho C p}$$

مقدار ضریب نفوذ حرارتی برخی مواد در جدول ۱-۳ کتاب داده شده است.

۱-۲: جابجایی

- اگر سطحی در دمای T_w در مجاورت سیالی با دمای T_∞ قرار گیرد، میان سطح و سیال گرم مبادله می شود که این پدیده را جابجایی می گویند.
- چنانچه سطح گرمتر از سیال باشد، انتقال حرارت از سطح به سیال صورت می گیرد؛ مانند سطح گرم شوفاژ نسبت به هوای اتاق یا سطح داغ کتری نسبت به آب داخل آن
- چنانچه سیال گرمتر از سطح باشد، انتقال حرارت جابجایی از سیال به سطح صورت می گیرد؛ مانند هوای اتاق نسبت به شیشه سرد پنجره
- مکانیسم تبادل حرارت به صورت برخورد مولکولهای سیال به سطح و تبادل انرژی حرارتی بین آنهاست. با گرم شدن سیال مجاور سطح چگالی آن کاهش یافته، سبکتر می شود، و در نتیجه نیروهای شناوری رو به بالا حرکت می کند و نهایتا جابجایی فیزیکی صورت می گیرد.
- فرق اساسی مکانیسم جابجایی با هدایت همین حرکت توده سیال است.

- نتیجه کلی مکانیسم جابجایی ایجاد یک لایه مرزی حرارتی در مجاورت سیال است.
- در این لایه مرزی دمای سیال متغیر بوده، از یک طرف برابر با دمای توده سیال و از طرف دیگر برابر با دمای سطح مجاور است.
- برقراری این شیب دما در داخل لایه مرزی، نیرو محرکه تبادل حرارت میان سیال و سطح است.



قانون سرمایش نیوتن برای محاسبه شدت انتقال حرارت جابجایی

$$q \alpha A(T_w - T_\infty)$$

$$\dot{q} = hA(T_w - T_\infty)$$

q (J/S) = q(W) = h (W/m².˚C) A (m²) (T_w-T_∞)(˚C)

h: ضریب انتقال حرارت جابجایی

- Geometry, Roughness به شکل هندسی و زبری سطح
- fluid properties K ،C_p، μ ،ρ خواص سیال مثل
- flow condition شرایط جریان

انواع جابه‌جایی:

Convection:
- Forced convection
- Free (Natural) Convection

$$h_{forced} > h_{free}$$

Forced convection: زمانی بوجود می‌آید که جابجایی توسط یک عامل خارجی مثل فن یا پمپ یا باد ایجاد شود مثل رادیاتور ماشین، خنک کردن تجهیزات کامپیوتر.

Free concretion: انتقال به شکل طبیعی یا آزاد در اثر تغییرات چگالی و یا نیروی شناوری بوجود می‌آید مثل شوفاژ

۱-۳: تشعشع

- همه اجسام به خاطر دمایشان از خود انرژی منتشر می کنند. این پدیده را تابش حرارتی یا تشعشع حرارتی می گویند.
- شدت تشعشع حرارتی از هر جسم را می توان از قانون استفان-بولتزمن به دست آورد:

$$E_b = \sigma A T^4$$

$$E_b\,(W) = \sigma\,(W/m^2K^4)\,A(m^2)\,T^4(K^4)$$

$\sigma = 5.67*10^{-8}$ ثابت استفان بولتزمن

- طبق این رابطه می توان گفت شدت تابش حرارتی با توان چهارم دمای مطلق جسم متناسب است.

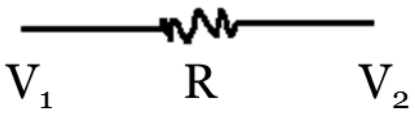
تبادل تابش حرارتی بین دو سطح

- چنانچه دو سطح که از خود انرژی تابشی نشر می کنند، در معرض یکدیگر قرار گیرند، مقداری از انرژی تابش شده به سطح دیگری برخورد می کند و میان آنها تابش حرارتی صورت می گیرد.
- شدت انرژی تابشی تبادل یافته به عوامل مختلفی بستگی دارد، مانند دما، اندازه و جنس سطوح، فاصله میان آنها، زوایا و انحنا، و همچنین به اینکه فضای بین دو سطح خلأ باشد و یا محیط دیگری مانند گاز یا مایع
- در ساده ترین حالت چنانچه دو صفحه بزرگ سیاه هم اندازه نزدیک به هم در خلأ قرار داشته باشند، شدت انتقال حرارت تابشی بین این دو سطح برابر است با:

$$q= \sigma A(T_1^4-T_2^4)$$

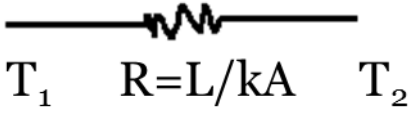
۱-٤: تشابه الکتریکی

- قانون اهم برای جریان الکتریکی



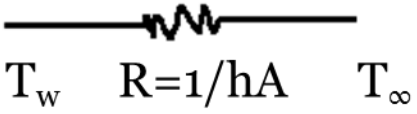
$$I=\frac{V_2-V_1}{R}$$

- تشابه هدایت



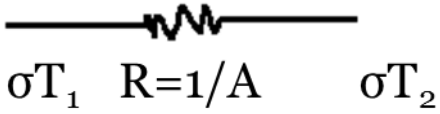
$$q=-kA\frac{T_2-T_1}{L}=\frac{T_1-T_2}{L/kA}$$

- تشابه جابجایی



$$q=hA(T_w-T_\infty)=\frac{(Tw-T_\infty)}{1/hA}$$

- تشابه تابش



$$q=A(\sigma T_1^4-\sigma T_2^4)=\frac{(\sigma T_1^4-\sigma T_2^4)}{1/A}$$