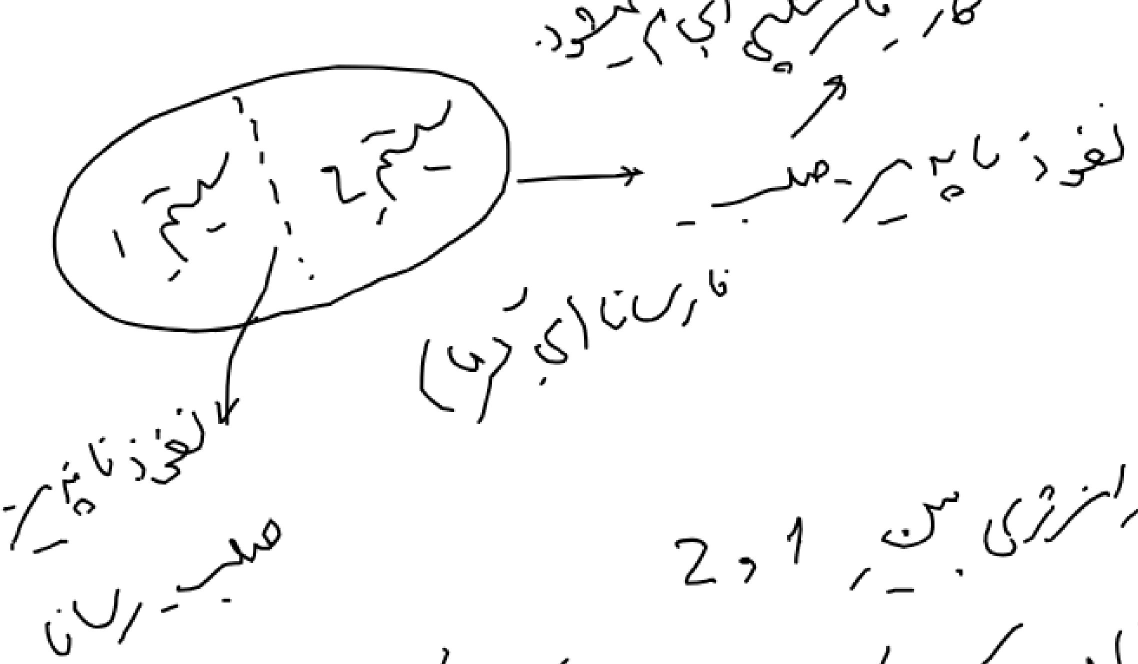

سیستم 1
سیستم 2
کار ماکروسکوپی انجام نمی‌شود.
نفوذ ناپذیر صلب
نارسانای (گرما)
نفوذ ناپذیر صلب رسانا

تبادل انرژی بین 1 و 2

آن به شکل ماکروسکوپی، به شکل میکروسکوپی

$E_1+E_2=$ ثابت (پایستگی انرژی)

سؤال: حالت تعادل کدام است.

$E_{1e} = ?$ $\quad E_{2\bar{e}} = ?$

Ω : تعداد میکرو حالت.

$$\Omega(E_1, E_2) = \Omega_1(E_1)\,\Omega_2(E_2)$$

$E_1 + E_2 = E$ احتمال یک میکرو حالت

$$P(E_1, E_2) = \rho\,\Omega(E_1, E_2)$$

↓ احتمال چون میکرو حالتهای سیستم بزرگ هم احتمال‌اند.

محتمل‌ترین وضعیت برای (E_1, E_2) آن است

$\Omega(E_1, E_2)$ که بیشینه شود

برای سیستم‌های با تعداد درجات آزادی زیاد

اختلاف احتمال‌ها بسیار زیاد است: عملاً فقط

محتمل‌ترین حالت رخ میدهد.

تعداد درجات آزادی

فقط افت و خیزهای نسبی که قابل مقایسه با $\frac{1}{\sqrt{N}}$ رخ میدهند.

وضعیت تعادل برای (E_1, E_2) همان محتمل‌ترین وضعیت است (برای سیستم‌های ترمودینامیکی که تعداد زیادی درجه‌ی آزادی دارند).

$$P(E_1, E_2) = \gamma\, \Omega_1(E_1)\, \Omega_2(E_2)$$

$E_1+E_2=$ ثابت P نسبت به E_1، E_2 بیشینه شود:

$$\frac{dE_2}{dE_1} = -1$$

$$\frac{d}{dE_1}\left\{\uparrow[\Omega_1(E_1)][\Omega_2(E_2)]\right\} = \uparrow[\Omega'_1(E_1)][\Omega_2(E_2)]$$

$$+\uparrow[\Omega_1(E_1)][\Omega'_2(E_2)]\frac{dE_2}{dE_1}$$

$$=\uparrow\left\{[\Omega'_1(E_1)][\Omega_2(E_2)]-[\Omega_1(E_1)][\Omega'_2(E_2)]\right\}$$

$$[\Omega'_1(E_{1e})][\Omega_2(E_{2e})]-[\Omega_1(E_{1e})][\Omega'_2(E_{2e})] \doteq 0 \;) \, , \overline{\omega}$$

$$[\Omega'_1(E_{1e})][\Omega_2(E_{2e})] = [\Omega_1(E_{1e})][\Omega'_2(E_{2e})]$$

$$E_{1e} + E_{2e} = E \longrightarrow$$ انرژی کل

$$\rightarrow [\Omega_1(E_{1e})][\Omega_2(E_{2e})]$$ /. تقسیم

$$\frac{\Omega'_1(E_{1e})}{\Omega_1(E_{1e})} = \frac{\Omega'_2(E_{2e})}{\Omega_2(E_2)}$$

شرط تعادل گرمایی : تبادل انرژی مکانیکی : تبادل گرما

$$\frac{\Omega'}{\Omega} =: \beta$$

$$\beta_1(E_{1e}) = \beta_2(E_{2e})$$

$\downarrow$

شرط تعادل گرمایی.

قانون صفرم ترمودینامیک

تعادل گرمایی یک رابطه‌ی هم‌ارزی است

تعادل گرمایی چنان است که :

1 با 1 در تعادل گرمایی است (بازتابی)

اگر 1 با 2 در تعادل گرمایی باشد،
2 با 1 در تعادل گرمایی است، } (تقارن)

اگر 1 با 2 در تعادل گرمایی باشد،
و 2 با 3 در تعادل گرمایی باشد،
1 با 3 در تعادل گرمایی است } (ترایایی)

شرط، تعادل برهایی که به دست آمد،

$\beta_1 = \beta_2$

$\beta_1 = \beta_1$ بازتابی ✓

$\beta_1 = \beta_2 \Rightarrow \beta_2 = \beta_1$ تقارن ✓

$(\beta_1 = \beta_2$ و $\beta_2 = \beta_3) \Rightarrow \beta_1 = \beta_3$ ترایایی ✓

بشرط، تعادل برهایی که به دست آمد یک رابطه‌ی همارزی است.

قانون صفرم ترمودینامیک : نظری.

«وضعیت تعادل محتمل‌ترین وضعیت است»

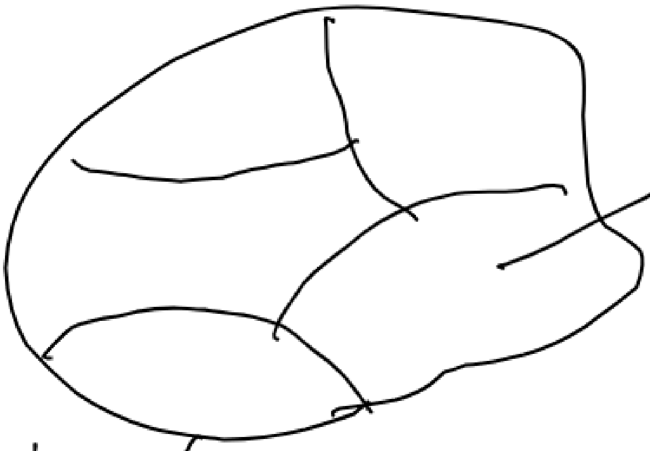
نتیجه شد.

قانون صفرم ترمودینامیک ⟸

شرط تعادل دمایی این است که دماها برابر باشند.

کلاف تارهای هم‌ارزی است ←

سیستم به رده‌های هم‌ارزی افراز میشه



هر رده‌ی هم‌ارزی

سیستم‌های باهم در

کلاف تارهایند

سیستم‌های دو رده‌ی هم‌ارزی متمایز باهم در کلاف تارها نیستند.

به هر رده یک برچسب نسبت داده میشود.

به آن برچسب دما میگویند.

شرط تعادل گرمایی این میشود که دماها یکسان باشد.

شرط حصول از

تعادل ≡ محتملترین حالت !

تعادل گرمایی ≡ برابری β ها

انتخاب دیگه‌ای هست: می‌شه به جای دیدن θ

یک تابع از θ را در نظر گرفت

$$\theta \to f(\theta)$$

البته f باید یک-به-یک باشد.

اما β ای که برای تعادل گرمایی به دست آمد

یک تابع معین است

$\beta = \frac{\Omega'}{\Omega}$

Ω = تعداد میکروحالت‌های
متناظر با کل انرژی

β کدام یک از دماهاست؟

بشرط تعادل: تعداد میکروحالت‌ها بیشینه شود.

$[\Omega_1(E_1)][\Omega_2(E_2)]$ بیشینه شود.

دنبال F هستم که

$$F(\Omega_1 \Omega_2) = F(\Omega_1) + F(\Omega_2)$$

و F صعودی باشد.

قانون دوم ترمودینامیک:

دستگاه به سویی می‌رود که انتروپی بیشینه شود.

حالت تعادل: انتروپی بیشینه است.

اما Ω انتروپی نیست ، چون فزونور نیست:

$$\Omega = \Omega_1 \Omega_2 \qquad \Omega \neq \Omega_1 + \Omega_2$$

$F(\Omega)$ فزونور است:

$$F = F_1 + F_2$$

$$F(\Omega_1 \Omega_2) = F(\Omega_1) + F(\Omega_2)$$

و F پیوسته

$$\Longleftrightarrow F(x) = k \ln x$$

F صعودی $\Longleftrightarrow 0 < k$

انتروپی S :

$$S = k \ln \Omega$$

$$\Omega = \Omega_1 \Omega_2$$

$$S_1 = k \ln \Omega_1$$

$$S = S_1 + S_2$$

$$S_2 = k \ln \Omega_2$$

ثابت k : ثابت واحد برای انتروپی

$$\beta = \frac{\frac{d\Omega}{dE}}{\Omega} = \frac{d(\ln \Omega)}{dE} = \frac{1}{k} \frac{dS}{dE}$$

در ترمودینامیک:

$$\frac{dS}{dE} = \frac{1}{T} \longrightarrow$$ دمای مطلق

$$\beta = \frac{1}{kT}$$

$k \to k_B$ ثابت بولتزمان

انتخاب k: S همان انتروپی ترمودینامیک شود.

در دمای مطلق یک آزادی هست: میتوان آن را در یکجا صفر قرار داد.

$$\eta = 1 - \frac{T_c}{T_H}$$

$T_c \rightarrow$ دمای مطلق

$\eta \rightarrow$ بازده ی ماشین کارنو

$$T \rightarrow \underset{\text{ثابت}}{\alpha} T = \tilde{T}$$

$$\eta = 1 - \frac{\tilde{T}_c}{\tilde{T}_H}$$

$$k_B = \frac{R}{N_A}$$

$R \rightarrow$ ثابت گازها

$N_A \rightarrow$ عدد آووگادرو