

তাপগতিবিদ্যা এবং পরিসংখ্যানগত বলবিদ্যা: একটি হ্যান্ডনোট

সূত্র, এন্ট্রপি এবং গাণিতিক কাঠামোর সহজ পাঠ

Laws & Layers Model

তাপ স্থানান্তর প্রক্রিয়া



পরিবহন (Conduction)

কঠিন মদার্থের অণুগুলোর
পারস্পরিক সংঘর্ষের মাধ্যমে
তাপের প্রবাহ।

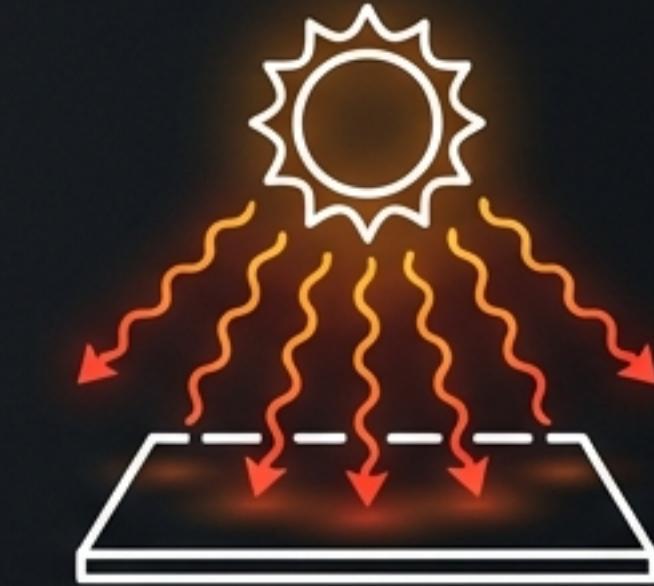
$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$



পরিচলন (Convection)

তরল বা বায়বীয় মদার্থের
কণার স্থান পরিবর্তনের
মাধ্যমে তাপ সঞ্চালন।

$$Q = hA(T_s - T_f)$$



বিকিরণ (Radiation)

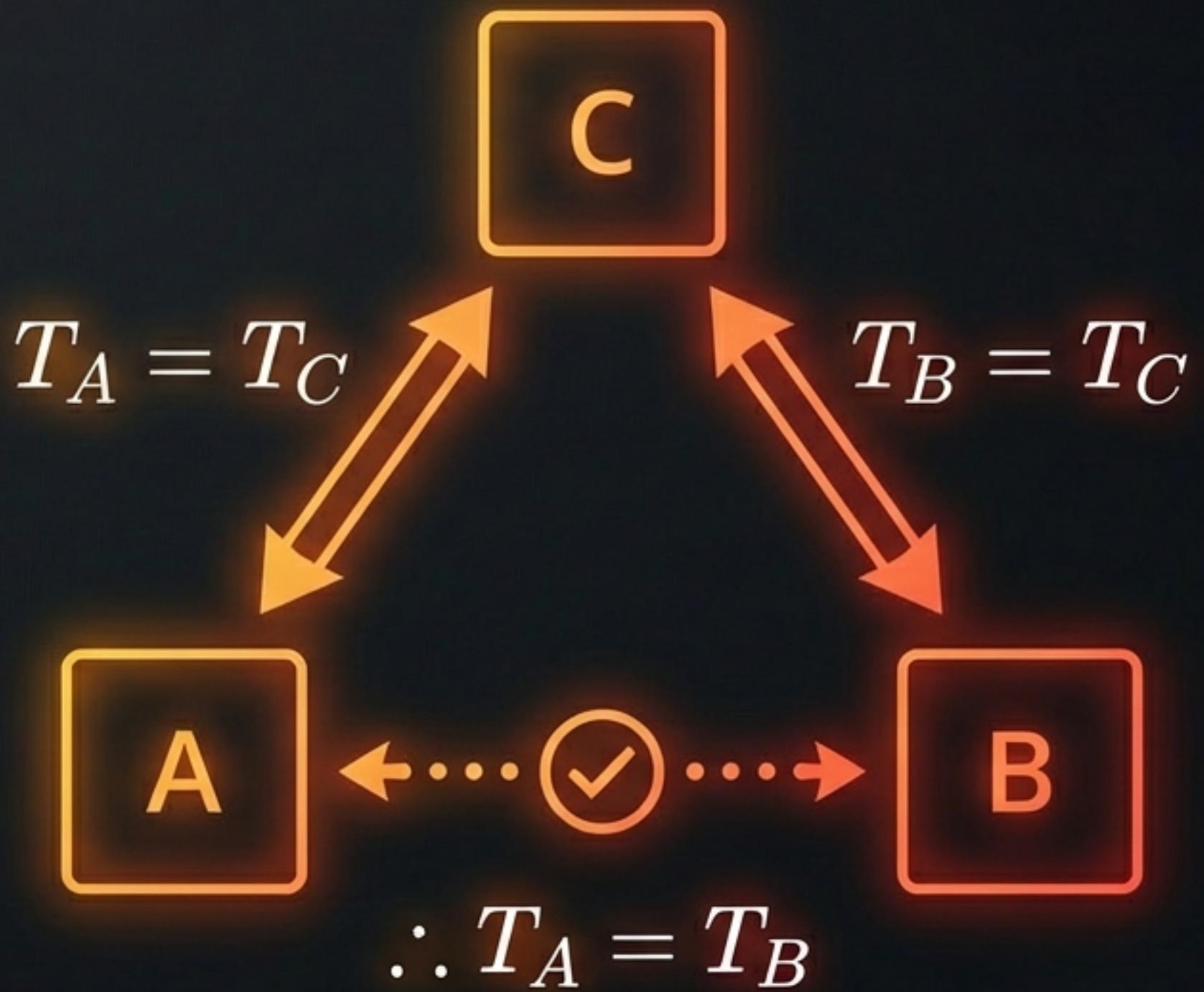
কোনো মাধ্যম ছাড়াই
তড়িৎচৌম্বকীয় তরঙ্গের
আকারে তাপের নিঃসরণ।

$$Q = \epsilon\sigma AT^4$$

শূন্যতম সূত্র এবং তাপীয় সাম্য

যদি দুটি সিস্টেম (A এবং B) পৃথকভাবে
তৃতীয় একটি সিস্টেমের (C) সাথে তাপীয়
সাম্যাবস্থায় থাকে, তবে তারা নিজেরাও
পরস্পরের সাথে তাপীয় সাম্যাবস্থায়
থাকবে।

তাপমাত্রা (Temperature) হলো
সেই পরিমাপ যা তাপীয় সাম্যাবস্থায়
দুটি বস্তুর ক্ষেত্রে সমান থাকে।



প্রথম সূত্র: শক্তির নিত্যতা

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU

অভ্যন্তরীণ শক্তির
পরিবর্তন

Q

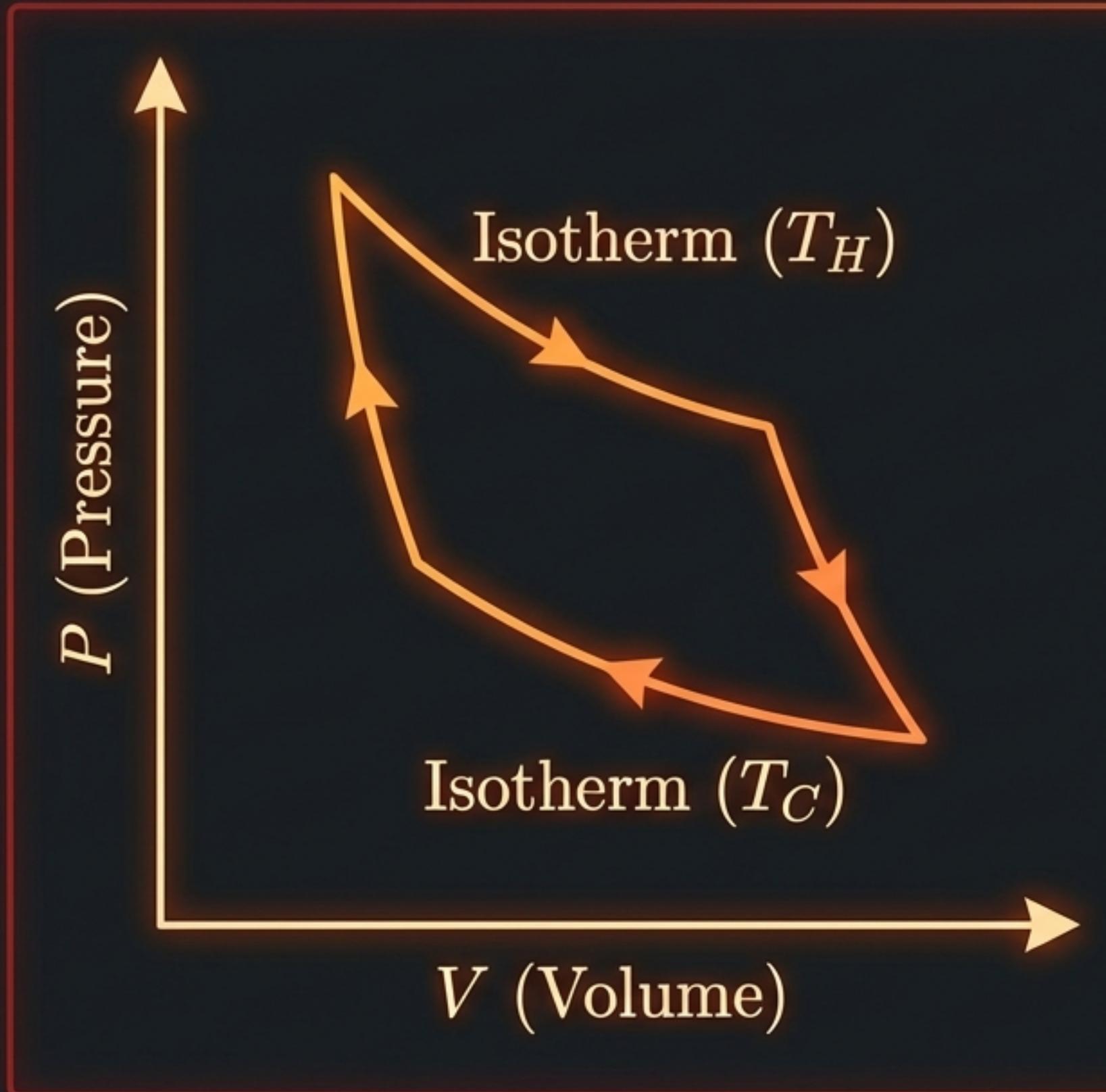
সিস্টেমে গৃহীত
তাপ

W

সিস্টেম দ্বারা কৃত
কাজ

শক্তি সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না, কেবল এক রূপ থেকে অন্য রূপে
পরিবর্তিত হয়। একটি বিচ্ছিন্ন সিস্টেমের মোট শক্তি ফ্রেক।

কার্নো চক্র



1. **সমোষ্ট প্রসারণ (Isothermal Expansion):** তাপ প্রহণ, আয়তন বৃদ্ধি, তাপমাত্রা স্থির।
2. **রুদ্ধতাপীয় প্রসারণ (Adiabatic Expansion):** তাপের আদান-প্রদান নেই, তাপমাত্রা হ্রাস।
3. **সমোষ্ট সংকোচন (Isothermal Compression):** তাপ বর্জন, আয়তন হ্রাস।
4. **রুদ্ধতাপীয় সংকোচন (Adiabatic Compression):** তাপমাত্রা বৃদ্ধি, পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসা।

কার্নো ইঞ্জিনের দক্ষতা

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

তাপ গ্রাহকের তাপমাত্রা 

তাপ উৎসের তাপমাত্রা

দক্ষতা কেবল তাপাধারের তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে, কার্যনির্বাহী বক্তুর প্রকৃতির ওপর নয়।
কোনো ইঞ্জিনই ১০০% দক্ষ হতে পারে না।

দ্বিতীয় সূত্র এবং এন্ট্রপি

তাপ স্বতঃস্ফূর্তভাবে শীতল বস্তু
থেকে উষ্ণ বস্তুতে প্রাপ্ত পরাহিত
হতে পারে না। প্রাকৃতিক
প্রক্রিয়ায় মহাবিশ্বের মোট
এন্ট্রপি সর্বদা বৃদ্ধি পায়।

$$\Delta S \geq 0$$

(বিচ্ছিন্ন সিস্টেমের জন্য)

এন্ট্রপি (Entropy) হলো বিশ্রংখ্লার পরিমাপ।
এটি সময়ের একমুখী প্রবাহ নির্দেশ করে।

পরিসংখ্যানগত এন্ট্রোপি

$$S = k_B \ln \Omega$$

S : এন্ট্রোপি

k_B : বোলৎজম্যান ধ্রুবক

Ω : মাইক্রোস্টেটের সংখ্যা

S : এন্ট্রোপি

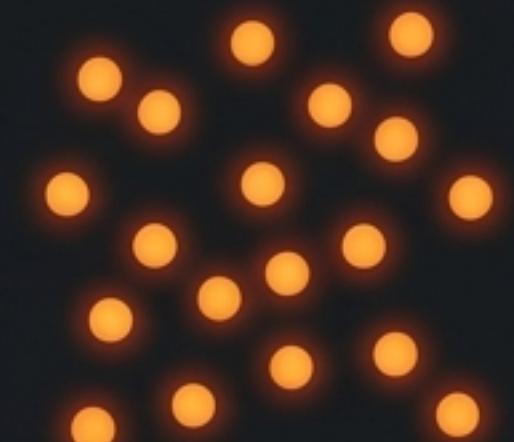
k_B : বোলৎজম্যান ধ্রুবক

Ω : মাইক্রোস্টেটের সংখ্যা

এন্ট্রোপি হলো কোনো সিস্টেমের অনুগ্রহের সম্ভাব্য বিন্যাসের পরিমাপ। বিন্যাস যত বেশি, বিশৃঙ্খলা এবং এন্ট্রোপি তত বেশি।



সুস্থুরাল (Ordered)

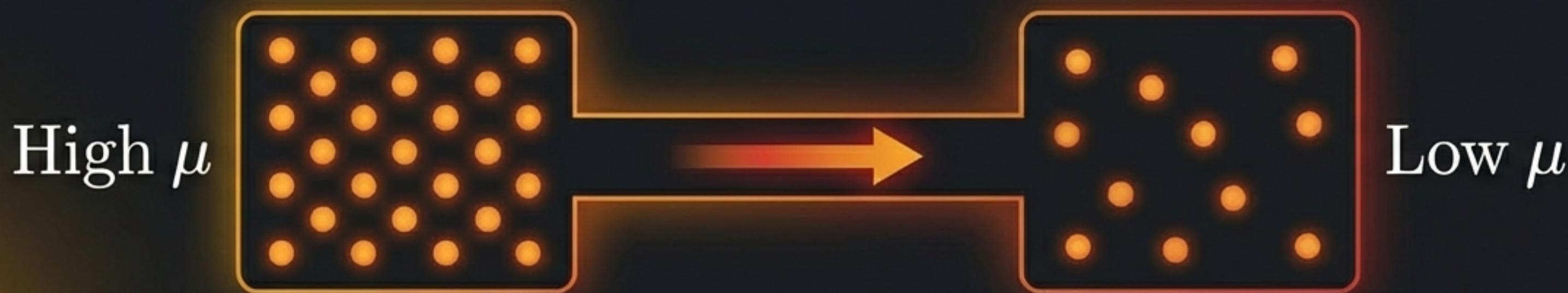


বিশৃঙ্খলা (Disordered)

রাসায়নিক বিভব - μ

তাপমাত্রা (T) যেমন তাপ শক্তির প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে, রাসায়নিক বিভব (μ) তেমনি কণার প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে।

$$\mu = \left(\frac{\partial F}{\partial N} \right)_{T,V}$$



কণা সর্বদা উচ্চ রাসায়নিক বিভব থেকে নিম্ন রাসায়নিক বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়।

গিবস ডিস্ট্রিবিউশন

যখন কোনো সিস্টেম শক্তি এবং কণা—উভয়ই বিনিময় করতে পারে।

Grand Partition Function

$$Z = \sum_i e^{-\beta(E_i - \mu N_i)}$$

$$P_i = \frac{1}{Z} e^{-\beta(E_i - \mu N_i)}$$

এটি গ্র্যান্ড ক্যানোনিকাল এনসেম্বল-এর ভিত্তি।

আদর্শ গ্যাসের রাসায়নিক বিভব

$$n = n_Q e^{\beta \mu}$$

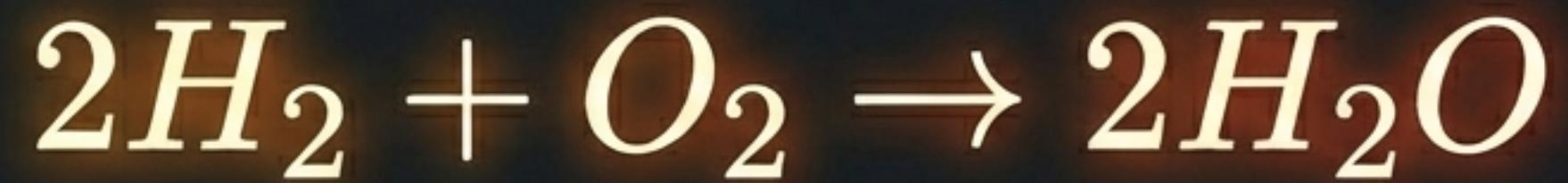
n : কণার ঘনত্ব

n_Q : কোয়ান্টাম ঘনত্ব



বাহ্যিক বিভব (যেমন
মহাকর্ষ) থাকলে ঘনত্ব
উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে
সূচকীয়ভাবে হ্রাস
পায় (Barometric
Formula)।

রাসায়নিক সাম্যবিস্তা

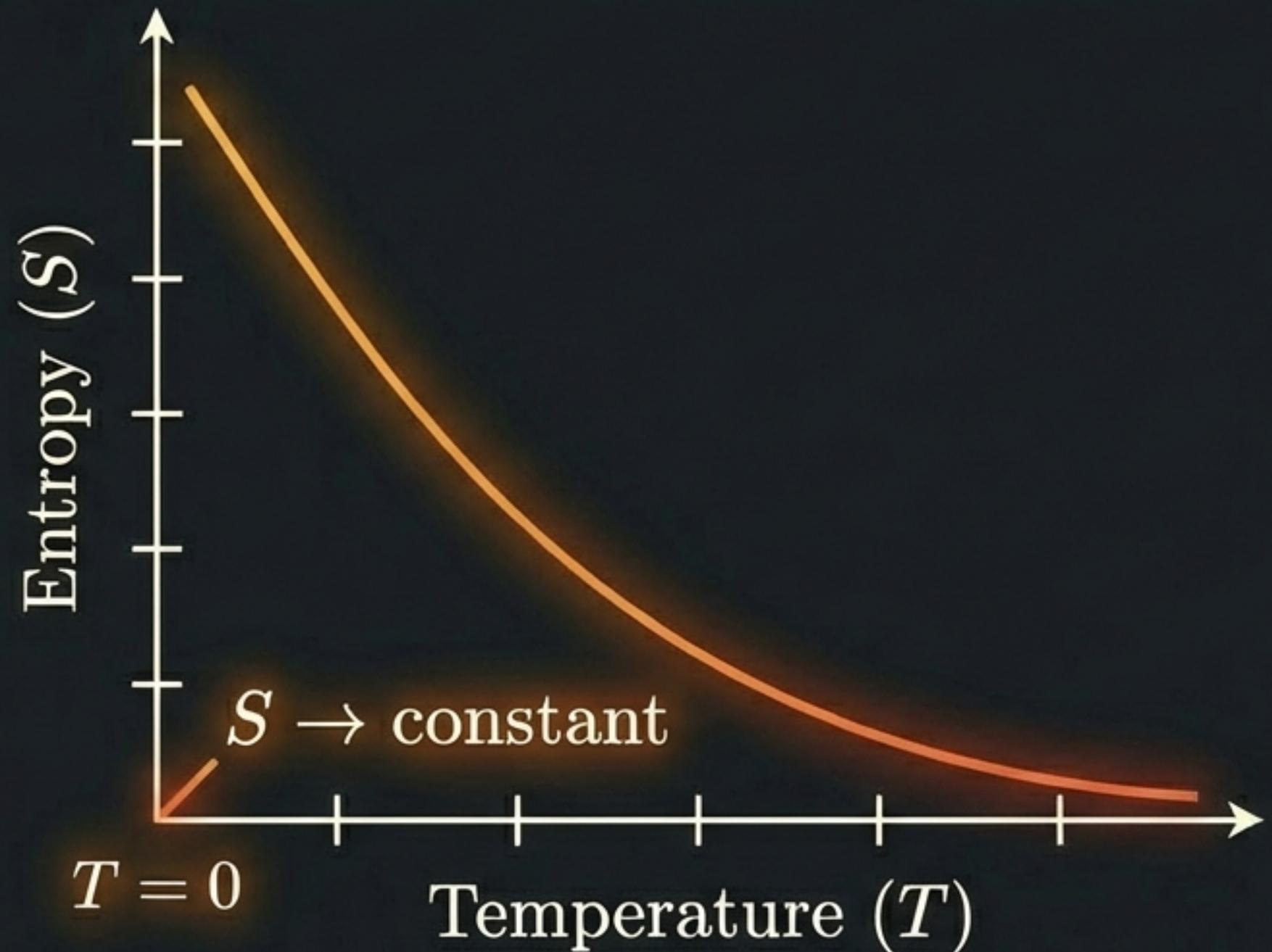


$$\sum \mu_{reactants} = \sum \mu_{products}$$

$$2\mu_{H_2} + \mu_{O_2} = 2\mu_{H_2O}$$

বিক্রিয়কগুলোর মোট রাসায়নিক বিভব উৎপাদগুলোর মোট রাসায়নিক বিভবের সমান হবে।

তৃতীয় সূত্র



পরম শূন্য তাপমাত্রায় (0K)
কোনো নিখুঁত কেলাসাকার
(crystal) পদার্থের এন্ট্রোপি
একটি ফ্রবক মানের দিকে
অগ্রসং হয়, যা সাধারণত শূন্য।

সঙ্গীত সংখ্যক ধাপে কোনো সিস্টেমকে
পরম শূন্য তাপমাত্রায় নিয়ে যাওয়া অসম্ভব।

প্রয়োজনীয় ক্যালকুলাস

Product Rule

$$\frac{d}{dx}(uv) = u\frac{dv}{dx} + v\frac{du}{dx}$$

Quotient Rule

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{u}{v}\right) = \frac{v\frac{du}{dx} - u\frac{dv}{dx}}{v^2}$$

Chain Rule

$$\frac{dy}{dx} = n[f(x)]^{n-1}f'(x)$$

ম্যাক্রওয়েল রিলেশন এবং এন্ট্রিপি পরিবর্তনের হিসাবের জন্য এই সূত্রগুলো অপরিহার্য।

এক নজরে প্রযোজনীয় সূত্রাবলী

Thermodynamics

$$\Delta U = Q - W$$

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

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Statistical Mechanics

$$S = k_B \ln \Omega$$

$$\mu = \left(\frac{\partial F}{\partial N} \right)_{T,V}$$

$$n = n_Q e^{\beta \mu}$$

$$P_i = \frac{e^{-\beta(E_i - \mu N_i)}}{Z}$$

এই হ্যান্ডনোটটি তাপগতিবিদ্যা এবং পরিসংখ্যানগত বলবিদ্যার গাণিতিক ভিত্তি মজবুত করার জন্য তৈরি।