

KMU 202

TERMODİNAMİK

A decorative graphic consisting of several parallel white lines of varying lengths, slanted diagonally from the bottom-left towards the top-right, located in the lower right quadrant of the slide.

BÖLÜM VII

AKIŞ PROSESLERİNİN TERMODİNAMIĞI

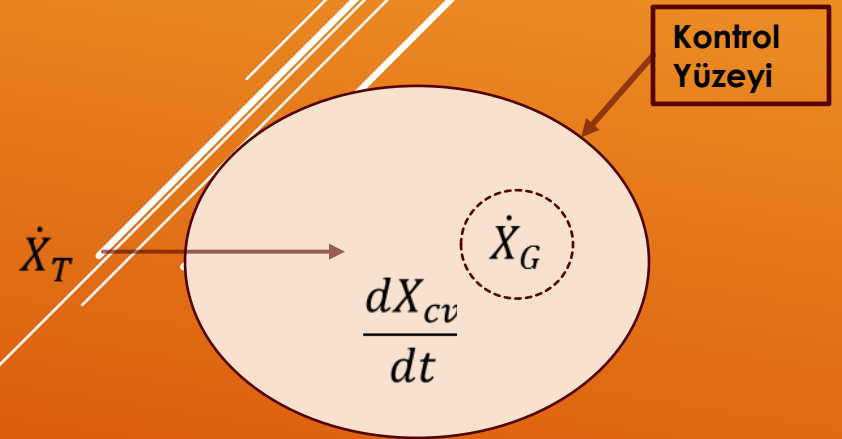
Kimya, petrol ve ilgili endüstrilerin bir çoğunda akışkan hareketi vardır. Termodinamiğin akış proseslerine uygulanması, kütlenin korunumu ile termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına dayandırılır.

DENKLİK EŞİTLİKLERİ

Denklik eşitlikleri **kütle**, **enerji ve entropi** nicelikleri için yazılabilir.

Kontrol Hacmi

Kontrol hacmi madde transferine açık veya kapalı olabilir. Söz konusu bu hacim ortam (çevre) ile etkileşim halindedir.



Kontrol Hacmi

BÖLÜM VII

$$\left(\begin{array}{l} \text{Kontrol hacmine} \\ \text{X'in net tasınım hızı} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Kontrol hacminde} \\ \text{X'in net üretim hızı} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Kontrol hacminde} \\ \text{X'in değişim hızı} \end{array} \right)$$

$$\dot{X}_T + \dot{X}_G = \frac{dX_{CV}}{dt}$$

(taşınım) + (üretim) = birikim

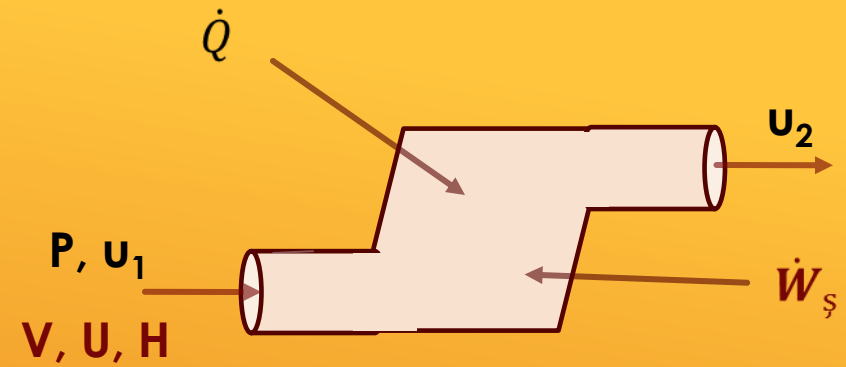
$$\underbrace{\dot{X}_T dt}_{dX_T} + \underbrace{\dot{X}_G dt}_{dX_G} = \frac{dX_{CV}}{dt} dt$$

$$dX_T + dX_G = dX_{CV}$$

BÖLÜM VII

t_1 'den t_2 'ye integrasyonu

$$\underbrace{X_T + X_G}_{\text{sebep}} = \underbrace{\Delta X_{CV}}_{\text{etki}}$$



$$X_T \equiv \int_{t_1}^{t_2} \dot{X}_T dt$$

$$X_G \equiv \int_{t_1}^{t_2} \dot{X}_G dt$$

$$\Delta X_{CV} \equiv \int_{t_1}^{t_2} \frac{dX_{CV}}{dt} dt = X_{CV}(t_2) - X_{CV}(t_1)$$

Taşıma ve üretim terimleri **miktarları** gösterirken birikim terimi **değişimi** gösterir.

BÖLÜM VII

KÜTLE DENKLIĞI

Kütle korunduğuna göre $\dot{X}_G = 0$

$$\dot{m}_T = \frac{dm_{CV}}{dt}$$

m_T giriş ve çıkışlarda giren ve çıkan akımlarla kontrol hacmine kütle net taşınımıdır.

$$\frac{dm_{CV}}{dt} + \Delta(\dot{m})_{fs} = 0$$

Δ sembolü çıkış ve giriş akımları arasındaki farkı gösterir, "fs" (flowing streams) giren ve çıkan tüm akımları gösterir.

$$\dot{m} = \text{kütle akış hızı} = \rho u A$$

ρ : ortalama akışkan yoğunluğu,

u : ortalama hız,

A : giriş veya çıkış akımının dik kesit alanı

$$\frac{dm_{CV}}{dt} + \Delta(\rho u A)_{fs} = 0$$

BÖLÜM VII

ENERJİ DENKLİĞİ

Termodinamiğin birinci yasası kapalı (akış olmayan bir sistem) ve kararlı proseslere uygulanmıştır.

Burada açık sistem için yazılan eşitlikler gösterilmektedir. Enerji korunumunda X_G sıfırdır. Taşınım terimi **iç enerji, potansiyel ve kinetik enerji terimlerini içerir**. Birim kütle temeline göre toplam enerji.

$$\frac{d(mU)_{cv}}{dt} + \Delta \left[\left(H + \frac{1}{2} u^2 + gz \right) \dot{m} \right]_{fs} = \dot{Q} + \dot{W}$$

Bir çok durumda kinetik ve potansiyel enerji terimleri ihmal edilebilir. Bu durumda eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\frac{d(mU)_{cv}}{dt} + \Delta (H\dot{m})_{fs} = \dot{Q} + \dot{W}$$

BÖLÜM VII

KARARLI HAL AKIŞ PROSESLERİNDE ENERJİ DENKLİKLERİ

Kararlı hal proseslerinde birikim terimi $dX_{cv}/dt = 0$ dır.

Kontrol hacminde giriş ve çıkışlarda akışkanın özelliklerinde zamanla bir değişim yoktur. Bu koşullar altında kontrol hacminde genleşme yok ve sadece shaft işi vardır. Bu durumda eşitlik:

$$\Delta \left[\left(\mathbf{H} + \frac{1}{2} \mathbf{u}^2 + \mathbf{gz} \right) \dot{\mathbf{m}} \right]_{fs} = \dot{\mathbf{Q}} + \dot{\mathbf{W}}_s$$

Bu eşitliğin genel uygulaması kararlı-hal kararlı akış prosesleridir.

BÖLÜM VII

ENTROPİ DENKLIĞI

$$\dot{S}_T + \dot{S}_G = \frac{dS_{CV}}{dt}$$

Entropi kontrol yüzeyinden iki yolla taşınarak geçer.

1) Isı aktarımıyla taşınım. $T_{cs,j}$ sıcaklığında kontrol yüzeyinin bir kesri boyunca \dot{Q}_j hızında ısı aktarılırsa, entropi taşınım hızı $\dot{Q}_j/T_{cs,j}$ olur.

Bu terimlerin toplamı bu mekanizmayla kontrol hacmine taşınan entropinin net hızını verir:

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{cs,j}}$$

BÖLÜM VII

2) Akımlarla taşınım. Bu mekanizmayla kontrol hacmine taşınan net hız,

$$-\Delta(\dot{S}\dot{m})_{fs}$$

Bu nedenle entropi taşınım terimi,

$$\dot{S}_T = \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{cs,j}} - \Delta(\dot{S}\dot{m})_{fs}$$

Birikim terimi, kontrol hacminde akışkanın toplam entropisindeki değişim hızıdır $\mathbf{d(mS)}_{cv}/dt$. Bu yüzden entropi denkliği aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{cs,j}} - \Delta(\dot{S}\dot{m})_{fs} + \dot{S}_G = \frac{\mathbf{d(mS)}_{cv}}{dt}$$

BÖLÜM VII

Termodinamiğin ikinci yasasına göre, entropi-üretim terimi tersinir proseslerde sıfırdır. Tersinmez proseslerde sıfırdan büyüktür yani pozitifdir;

$$\dot{S}_G \geq 0$$

Kontrol hacminde entropi artışı tersinmezlikleri (yani iç tersinmezlikleri) gösterir. Burada zorluk \dot{Q}_j hızı ile aktarılan ısının $T_{cs,j}$ yüzey sıcaklığı çok nadir olarak belirlenebilir. Kontrol yüzeyi ile etkileşim halindeki ortamın sıcaklığı bilinen sıcaklık olup $T_{\sigma,j}$ ile gösterilsin.

Matematiksel denklikten dolayı, $\sum_j \dot{Q}_j / T_{cs,j}$ ifadesine $\sum_j \dot{Q}_j / T_{\sigma,j}$ ifadesini ekleyip çıkarmak değeri değiştirmediginden, aşağıdaki şekilde yazılabilir.

BÖLÜM VII

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{cs,j}} \equiv \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} + \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{cs,j}} - \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} \equiv \sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} + \sum_j \dot{Q}_j \left(\frac{T_{\sigma,j} - T_{cs,j}}{T_{\sigma,j} T_{cs,j}} \right)$$

Bu ifade genel denklikte yerine konular ise;

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} + \underbrace{\sum_j \dot{Q}_j \left(\frac{T_{\sigma,j} - T_{cs,j}}{T_{\sigma,j} T_{cs,j}} \right)}_{\dot{S}'_G} - \Delta(\dot{S}m)_{fs} + \dot{S}_G = \frac{d(mS)_{cv}}{dt}$$

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} - \Delta(\dot{S}m)_{fs} + \dot{S}_G + \dot{S}'_G = \frac{d(mS)_{cv}}{dt}$$

\dot{S}'_G niceliği **ilave-entropi** terimi olarak tanımlanır.

BÖLÜM VII

$T_{\sigma,j} \succ T_{cs,j}$ ise ısı ortamdan kontrol yüzeyine aktarılır, bu durumda hem sıcaklık farkı hem de ısı aktarım hızı **pozitif**dir.

$T_{\sigma,j} \prec T_{cs,j}$ ise hem sıcaklık farkı hem de ısı aktarım hız terimi **negatif** olur.

Böylece sağ taraftaki terimler pozitiftir yani \dot{S}'_G pozitiftir.

\dot{S}_G ve \dot{S}'_G kontrol hacminde ve ortamdaki entropi artışlarını gösterir. Bu yüzden her ikisi herhangi bir proseste tersinmezliklerin bir sonucu olarak toplam entropi üretim hızını gösterir. Dolayısıyla tek bir terimde gösterilebilir.

$$\dot{S}_G + \dot{S}'_G \equiv \dot{S}_{G,total}$$

(Tersinmezliklerin sonucu toplam entropi artışı)

BÖLÜM VII

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} - \Delta(S\dot{m})_{fs} + \dot{S}_{G,total} = \frac{d(mS)_{cv}}{dt}$$

İkinci yasaya göre $\dot{S}_{G,total}$ terimi pozitif veya sıfırdır, dikkate alınmadığında eşitsizlik durumu ortaya çıkar;

$$\sum_j \frac{\dot{Q}_j}{T_{\sigma,j}} - \Delta(S\dot{m})_{fs} \leq \frac{d(mS)_{cv}}{dt}$$

Eşitlik söz konusu olduğunda; proses tamamen tersinirdir,

KAYNAKLAR

Ders kitabı: J. M. Smith, C. Van Ness, M. M. Abbott, **Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics**, Fifth Edition, McGraw-Hill International Editions, 1996.

Diğer Kaynaklar:

Stanley I. Sandler, **Chemical and Engineering Thermodynamics**, Third edition **John Wiley & Sons Inc, 1998**.

M. David Burghardt, **Engineering Thermodynamics with Application**, Third Ed. Harper & Row Inc, 1986.

G. J. Van Wylen, R. E. Sonntag, **Fundamentals of Classical Thermodynamics**, Third Ed. John Wiley & Sons Inc, 1985

Y. A. Çengel, Michael A.Boles, **Thermodynamics: An Engineering Approach**, ISE Edition, McGraw-Hill, 1997.