



A XVIII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
CLUJ NAPOCA, 2018

ENTROPIA ȘI ACTIVITATEA UMANĂ

Mihai JĂDĂNEANȚ

ENTROPIATION AND HUMAN ACTIVITY

The universe can be seen as a complex thermodynamic system, build from a lots of small or bigger thermodynamic systems. Generally the greatest urbane throngs are characterized by a large number of motor vehicles. The lots of motor vehicles from the big cities can be seen as a thermodynamic system which interferes with the environing system. This interaction vehicle-environment and other systems interaction which generates energy-environment are discussed on the base of entropy in this paper.

Keywords: thermodynamics, entropy, second law of the thermodynamic

Cuvinte cheie: termodinamică, entropie, schimb de căldură

1. Entropie; exergie și anergie

De când a fost introdusă de către Rudolf Clausius în anul 1865, funcția cu numele de *entropie*, ea s-a bucurat de un interes deosebit de mare, atât în lumea științifică, cât și în lumea tehnică. Primit la început cu oarecare rezervă, conceptul de entropie a ajuns să ocupe în scurt timp nu numai o poziție cheie în termodinamică, dar a fost preluat și de alte ramuri de știință, care la prima vedere nu au nici o legătură cu această noțiune.

O dată cu creșterea câmpului ei de aplicație, s-a constatat că entropia nu este de loc mai misterioasă decât alte mărimi termodinamice, ca de exemplu capacitatea termică masică și că sensul

fizic al entropiei nu este chiar atât de greu de sesizat cum părea la început.

Entropia, așa cum a definit-o Clausius, poate fi considerată ca măsură a sensului preferențial al transformărilor termice, ca măsură a ireversibilității unui proces termodinamic. Considerând entropia ca o mărime statistică, Ludwig Boltzmann a stabilit o relație între entropie și probabilitate. Entropia devine pe această cale o măsură a stării de dezordine a unui sistem.

Printre mărimile fizice, entropia ocupă un loc particular. Reprezentând unul dintre cele mai curioase concepte ale fizicii, greu de intuit și greu de definit altfel decât matematic, entropia a pătruns totuși foarte repede în regiunile cele mai profunde ale gândirii umane. Acest lucru se datorește proprietății ei de a evolua într-un singur sens, adică de a fi ireversibilă. Prin enunțarea ireversibilității entropiei, Clausius a atribuit acestei mărimi o proprietate pe care o avea până atunci în mod exclusiv numai timpul.

Folosind noțiunea de entropie în cazul schimbului de căldură din interiorul unui sistem adiabatic (figura 1), s-a determinat faptul că entropia acestui sistem crește; creșterea se datorează ireversibilității procesului:

$$\Delta S = dS_{ir} = dS_A + dS_B = dQ \left(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B} \right) > 0 \quad (1)$$

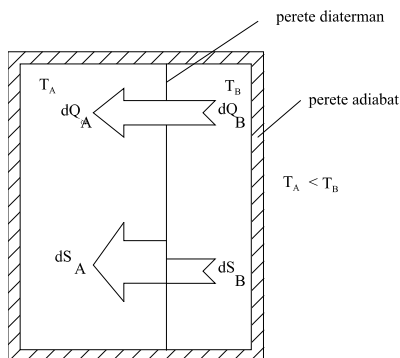


Fig. 1 Schimbul de căldură într-un sistem adiabatic

Prin extinderea analizei la toate procesele ireversibile s-a stabilit legea entropiei: *entropia unui sistem adiabatic nu poate să scadă. La toate procesele ireversibile entropia unui sistem adiabatic crește, iar la procese reversibile rămâne constantă.* Ca o consecință

a acestei legi rezultă că *starea de echilibru termodinamic spre care tinde orice sistem se caracterizează prin entropie maximă.* Să nu uităm însă că această stare de echilibru înseamnă dezordine completă.

Un aspect important al relațiilor care definesc calculul diferenței de entropie între două stări este acela că diferența de entropie este

determinată în sensul de evoluție al timpului, adică de la momentul aflat mai devreme la cel aflat mai târziu.

Strâns legate de conceptul de entropie sunt și noțiunile de *exergie* și *anergie* (Ex și An). Prin exergie se înțelege energia care se poate transforma integral în orice altă formă de energie. Anergia, în schimb, este energia care nu se poate transforma în exergie. Orice energie poate fi considerată compusă din exergie și anergie, unde una din cele două componente poate să lipsească:

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$

Referindu-ne tot la un schimb de căldură între două sisteme (figura 2) se poate scrie:

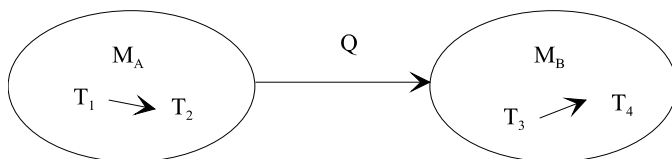


Fig. 2
Schimbul de
căldură între
două sisteme

T_a - temperatura mediului ambiant

- Exergia disponibilă:

$$Ex_A = m_A \int_{T_1}^{T_2} \left(1 - \frac{T_a}{T} \right) \cdot c_{pA} \cdot dT = \quad (2)$$

sau cu conceptul de temperatură medie logaritmică introdus de Le Goff:

$$T_{mlA} = \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{T_1}{T_2}} \quad Ex_A = Q \cdot \left(1 - \frac{T_a}{T_{mlA}} \right) \quad (3)$$

- Exergia primită: reprezintă exergia primită de sistemul B, dacă acesta primește întreaga căldură cedată de sistemul A:

$$Ex_B = Q \cdot \left(1 - \frac{T_a}{T_{mB}} \right) \quad (4)$$

- Exergia distrusă (pierdută): partea din exergia disponibilă care se pierde în cursul transferului de căldură:

$$Ex_p = Q \cdot \left(\frac{T_a}{T_{mlB}} - \frac{T_a}{T_{mlA}} \right) \quad (5)$$

Se știe că exergia pierdută se poate calcula și cu relația:

$$Ex_p = T_a \cdot (S_2 - S_1)_{adiab} \quad (6)$$

unde sistemul este considerat adiabetic.

În figura 3 s-a reprezentat fluxul exergetic-energetic pentru cazul transmiterii căldurii dQ între sistemele B și A analizat anterior pe baza figurii 1. Fiind cunoscute temperaturile T_A , T_B și T_a se pot calcula dEx și dAn respectiv dEx_p cu relațiile prezentate anterior.

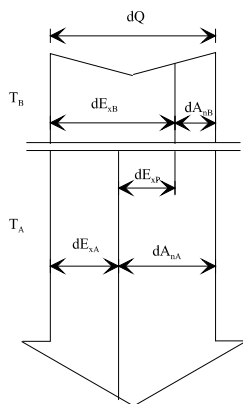


Fig. 3 Diagrama fluxului exergie-energie pentru cazul transmiterii de căldură

Dar, dacă pierderea de exergie se produce într-un sistem deschis neadiabetic, se ia în considerare și mediul înconjurător cu care se schimbă căldura și se calculează *variația entropiei întregului sistem considerat adiabetic*, ca sumă algebrică a variațiilor entropiilor celor două sisteme componente.

Vom considera în continuare un sistem termodinamic supus analizei (figura 4).

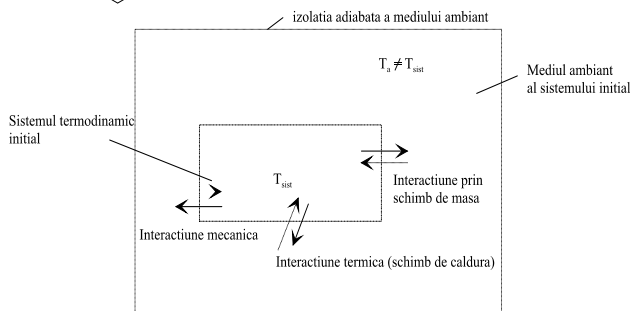


Fig. 4 Interacțiunile unui sistem termodinamic

Pe lângă interacțiunile normale mecanică și termică, se va considera sistemul ca fiind un sistem termodinamic deschis, având deci și o interacțiune prin schimb de masă (m). Considerând că sistemul

termodinamic evoluează între stările extreme 1 și 2, pentru ipoteza proceselor reversibile se poate scrie relația primului principiu al termodinamicii:

$$q_{12}^{rev} = i_2 - i_1 + l_{t12}^{rev} \quad (7)$$

Căldura schimbată de agent cu mediul ambiant este egală și de semn contrar cu căldura schimbată de mediul ambiant cu agentul termic; în urma acestui schimb de căldură entropia mediului ambiant se modifică cu ΔS_a^{rev} , temperatura acestuia rămânând însă constantă T_a :

$$Q_a^{rev} = T_a \cdot \Delta S_a^{rev} = -q_{12}^{rev} \quad (8)$$

Considerând mai departe procesul ca fiind ireversibil, se va putea scrie:

$$q_{12}^{irev} = i_2 - i_1 + l_{t12}^{irev} \quad (9)$$

și

$$Q_a^{irev} = T_a \cdot \Delta S_a^{irev} = -q_{12}^{irev} \quad (10)$$

Pierderea de lucru mecanic tehnic datorită ireversibilităților interne și externe ale proceselor este:

$$\Delta l_t = l_{t12}^{rev} - l_{t12}^{irev} = T_a \cdot (\Delta S_a^{irev} - \Delta S_a^{rev}) \quad (11)$$

Dacă se înglobează sistemul termodinamic inițial și mediul ambiant într-un *sistem termodinamic mai general*, izolat față de restul universului (figura 4) rezultă că, pentru acest nou sistem ecuația de bilanț entropic are în cele două situații analizate următoarele exprimări:

$$\Delta S_{sist.gen}^{rev} = \Delta S_a^{rev} + (s_2 - s_1)_{agent}^{rev} = 0 \quad (12)$$

$$\Delta S_{sist.gen}^{irev} = \Delta S_a^{irev} + (s_2 - s_1)_{agent}^{irev} > 0 \quad (13)$$

Rezultă că:

$$\Delta S_{sist.gen}^{irev} = \Delta S_a^{irev} - \Delta S_a^{rev} > 0 \quad (14)$$

În toate aceste analize entropice intervine în mod dogmatic aserțiunea că *temperatura mediului ambiant T_a rămâne constantă*.

Să discutăm sistemul din figura 4. Sistemul termodinamic cedează căldură mediului ambiant imediat înconjurător. Dar mediul ambiant imediat înconjurător poate fi privit ca izolat adiabetic față de mediul ambiant generalizat. Această izolare adiabetică poate fi înțeleasă mai bine dacă facem o analogie între sistemul din figura 4 și un depozit

de cărbune sau de cereale, la care poate avea loc o autoaprindere a depozitului, plecând din interiorul materialului depozitat, deoarece fiecare strat înconjurător de material acționează ca un înveliș adiabatic pentru volumul înconjurat. Ca urmare a schimbului ireversibil de căldură, entropia sistemului crește (vezi cazul din figura 1), dar și *temperatura sistemului adiabatic crește*.

2. Analiza entropică

Sistemul format din sistemul termodinamic și mediul ambiant care-l înconjoară poate fi considerat ca un sistem care cedează căldură mediului ambiant ce se află în imediată apropiere. Se va obține o creștere firească a entropiei, dar și o creștere a temperaturii acestui sistem.

Toate microsistemele formate din mulțimea autovehiculelor dintr-un oraș și mediul ambiant ce le înconjoară formează un macrosistem care interacționează cu pătura imediat înconjurătoare a mediului ambiant în sensul creșterii entropiei, dar și în sensul creșterii temperaturii. La fel, toate sistemele care degajă energie termică prin funcționarea lor: centrale termoelectrice, rachetele spațiale în perioada de lansare, activitățile umane dirijate sau accidentale, războaiele locale și altele vor acționa în același sens al creșterii entropiei, dar și în sensul creșterii temperaturii.

Discuția de până acum presupune un regim staționar. Absolut normal, mediul ambiant este în continuă mișcare, cu o dinamică greu de anticipat și evaluat. Dar chiar și în cazul procesului real, dinamic, interacțiunile descrise mai sus există și se poate evalua creșterea entropiei în primul rând a aerului din mediul ambiant. Și evident și a temperaturii acestuia.

Mai departe scenariile pot fi multiple. Unul dintre ele este acela că o masă mare de aer a cărei entropie și temperatură a crescut datorită fenomenelor descrise anterior, se comportă la un moment dat ca un sistem adiabatic cu o parte semnificativă a oceanului planetar. Aerul va ceda căldură acestui volum din ocean, entropia va crește, dar pe cale de consecință și temperatura oceanului. Este o explicație plauzibilă a unui fenomen real și devastator, cunoscut sub numele de "El Niño".

Din discuția sistemelor de transfer de căldură nu trebuie să uităm unele dintre cele mai intense procese de schimb punctual de căldură: este vorba de navele spațiale și de rachetele cosmice, care în perioada lansării lor cedează o cantitate enormă de căldură, iar modelul propus de vehicul-mediul ambiant ca un sistem adiabatic se potrivește

și mai bine datorită timpului extrem de scurt în care se realizează schimbul de căldură. Și, după părerea mea, impactul cu mediul ambiant este și mai devastator decât cel produs de autovehiculele terestre.

- Tot în cadrul acestor schimburi punctuale de căldură putem să introducem și mulțimea exploziilor și incendiilor ce au loc în timpul unor războaie.

- Termodinamica clasică se referă la procese reversibile, pentru care entropia rămâne constantă în oricare sistem izolat. În realitate însă, toate procesele naturale care se petrec în astfel de sisteme conduc la o creștere de entropie. Această producție de entropie datorită ireversibilității proceselor este mărimea fundamentală în termodinamica proceselor ireversibile. În lucrările lui Onsager, Bridgman și Eckart din anii treizeci se arată că toate legile fenomenologice cunoscute la acea dată puteau fi interpretate ca dependențe între factorii producției de entropie. Teoria a fost dusă mai departe prin lucrările lui Prigogine și Meixner și poate fi considerată încheiată pentru fenomene din sisteme monofazice. În 1960 Meixner [6] scria: "În uzina uriașă a proceselor naturale, producția de entropie ocupă locul de director, întrucât ea dictează natura și modul de realizare a proceselor. Principiul conservării energiei joacă numai rolul contabilului șef, care echivalează debitul și creditul".

- Clausius în "teoria morții termice" prevede egalizarea temperaturilor din interiorul universului nostru pământesc. Activitatea zilnică umană, combinată cu activitățile creatoare dar și cu cele distructive ale omenirii conduce după cum am văzut la o creștere foarte rapidă a entropiei universului nostru terestru, dar în același timp și la o creștere a temperaturii acestuia.

- Un scenariu la fel de nefericit ca și cel al "morții termice a universului" poate fi și cel al "morții entropice a universului" ca urmare a creșterii continue a entropiei universului nostru pământean și pe cale de consecință și a temperaturii acestuia.

- Vor mai fi diferențe de temperatură prin existența surselor calde (diferenții combustibili), dar creșterea temperaturii universului s-ar putea să aibă urmări catastrofale; mesagerii acestor fenomene bat deja la ușa universului nostru: nu mai avem o succesiune normală a anotimpurilor, se petrec fenomene distructive (inundații, tornade, uragane) chiar și în regiuni care nu au cunoscut niciodată aceste fenomene.

■ Deja s-a constatat o tendință îngrijorătoare de creștere a temperaturii globale. Această tendință poate să continue și să se accelereze dacă activitățile umane vor conduce la o disipare tot mai mare de energie în mediul ambiant.

■ Ce se va întâmpla dacă temperatura globală va crește mereu? Nu se va ajunge la o egalizare a temperaturilor cum propunea Clausius, dar efectul poate fi același, adică să se ajungă la o "moarte entropică" a universului.

■ S-ar putea să constatăm că rasa umană este o rasă autodistructivă, care prin acțiunile sale conștiente, care ar trebui să aibă finalități benefice, să conducă la niște consecințe total opuse și care să aibă ca efect final extincția sa.

BIBLIOGRAFIE

[1] Theil, H., *Conceptul de entropie în știință și tehnică*, Energ 3, Editura Tehnică, 1987.

[2] Rivero, R., de Oliveire, S., Le Goff, P., *Temperature de Carnot Θ , Diagrama Θ/Q , Méthode du pincement*, Entropie nr. 157/158, 1990, p.13/20.

[3] Radcenco, Vs., *Criterii de optimizare a proceselor termice*, Editura Tehnică, București, 1977.

[4] Bejan, A., *Termodinamică tehnică avansată*, Editura Tehnică, București, 1996.

[5] Jădăneanț, M., *Termodinamică tehnică*, Editura Orizonturi universitare, Timișoara, 1998.

[6] Meixner, I., *Phys. Blätter* 16 (1960), S. 506.

Prof.univ.em.Dr.Ing. Mihai JĂDĂNEANȚ
Școala Doctorală, Universitatea „Politehnica” din Timișoara,
membru AGIR
e-mail: mihai_jadaneant@yahoo.com