

1. Oinarrizko kontzeptuak

Sarrera

Ingeniaritza Termikoa deritzen ikasketetan hasi berri den edozein ikaslerentzat, funtsezkoa suertatzen da lehenik eta behin, seguru aski sarritan entzun edota erabili dituen zenbait termino, magnitude, propietate eta kontzeptu finkatzea.

Definizio astunetan sartu gabe, beharrezkoa da kontzeptu horiek aztertzea, batzuk jadanik ezagunak eta beste batzuk berriak izango direnak. Has gaitzen, hortaz, kontzeptu horiek lehenbailehen azaltzen, Ingeniaritza Termikoaren ikasketan murgildu ahal izateko.

Ingeniaritza termikoa

Ingeniaritza Termikoaren oinarria termodinamika teknikoa da. Hau, energiaren transferentzia-prozesuan dagoen energiaren (beroa eta lana alegia), eta substantzien propietateez diharduen zientzia da. Horrez gain, bero-energia lan mekaniko bihurtzeko erabiltzen diren zikloak eta eraldakuntzak ditu aztergai; bero-energiatik lan mekanikoa edo elektrikoa lortzeko termodinamikaren printzipioak erabiliko ditu termodinamika teknikoak.

Ziklo guztiak tresneria batez baliatzen dira beroa lan bihurtzeko eta alde-rantziz. Termodinamikak prozesuen izaera eta aldaketak jasaten dituzten substantziak ikasgai baditu ere, garrantzi handikoa da prozesu horiek gertatzen direneko tresneria eta makinaria ezagutzea. Makina horien diseinua da Ingeniaritza Termikoaren helburu nagusietariko bat.

Baina Ingeniaritza Termikoan jarduteko, gainera, bero-trukea nola eta zein legeen arabera gertatzen den jakin behar da; beroa tenperatura-diferentzia baten ondorioz gertatzen den energia-transferentzia izanik, guztiz beharrezkoa da bero-transferentziarako mekanismoak ondo ezagutzea.

Halaber, bero-energia eta substantziaren beste energiak lan mekaniko bihurtzeko prozesuan oso garrantzitsuak dira masaren transferentzia eta higidura-kantitatearen transferentzia.

Horregatik, beroa lan mekaniko bihurtzeko helburua duten gailu eta sistemen diseinu egokia egin ahal izateko, ingeniariak beharrezkoa du ondoko gaiak menperatzea:

- Termodinamika teknikoa.
- Beroaren transferentzia.
- Masaren transferentzia.
- Higidura-kantitatearen transferentzia.

Gai hauek guztiek osatzen dute Ingeniaritza Termikoaren gunea edo mamia.

Energia

Energia deritzona, efektu bat eragiteko ahalmena da. Edozein efektuk —nahiz eta soinu ahul bat, partikula arin baten higidura, edo uhin baten garapena bezalako efektu txikia izan— energia behar du.

Energia forma ezberdinetan ager daiteke, eta forma batetik bestera eralda daiteke. SI sisteman, energia-unitatea joule izeneko da (J).

Energia zinetikoa

Abiadura batez higitzen den masa batek duen energia da; higitzen den edozein masak efektu bat eragiteko gaitasuna du; hortaz, energia du. Honelaxe adierazten da:

$$E_c = \frac{1}{2} mc^2 \quad (1.1)$$

non m masa kg-tan eta c abiadura m/s-tan diren. Unitateak aztertzen baditugu:

$$\left[\text{kg} \right] \cdot \left[\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 \right] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right] = \left[\text{N} \cdot \text{m} \right] = \left[\text{J} \right]$$

Energia potentziala

Eremu grabitatorio baten eraginpean dagoen masa batek duen energia da. Honelaxe adierazten da:

$$E_p = mgz \quad (1.2)$$

non z altuera m-tan den.

$$\text{Unitateak aztertzen baditugu: } \left[\text{kg} \right] \cdot \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot \left[\text{m} \right] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right] = \left[\text{N} \cdot \text{m} \right] = \left[\text{J} \right]$$

Barne-energia (U)

Etengabe eta ausaz higitzen diren molekula-multzo batez osatuta dago materia. Molekula eta atomo horiek energia dute; hortaz, materiak energia du. Material metaturik dagoen energia horri *barne-energia* deritzo, eta ondoko energien batura da:

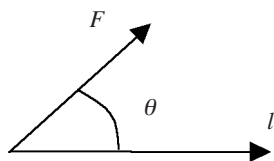
- 1) Molekula translazio-energia zinetikoa (nagusi gasetan).
- 2) Molekula errotazio-energia zinetikoa (nagusi likidoetan).
- 3) Molekula atomoen bibrazio-energia zinetikoa (nagusi solidoetan).
- 4) Molekula arteko elkarrekintzak eragindako energia potentziala.

Energia potentzialak bezala, U barne-energiak erreferentzia-jatorri arbitrarioa du.

Lana (W)

Ez da energia-edukia, baizik eta gorputz batetik beste batetara energia igarotzeko forma bat. Mekanika arloan erabiltzen den definizioaren arabera, distantzia batean zehar indar batek garatzen duen energia da lana. Honen arabera, bi lan-mota bereiz daitezke:

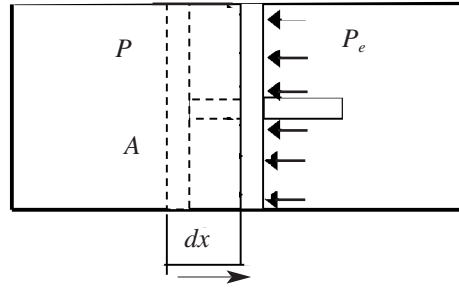
Desplazamendu-lana: desplazamendu batean zehar sisteman norabide bereko indar bat aplikatzerakoan garatutako lana.



$$W = F \cdot l \cdot \cos \theta \quad (1.3)$$

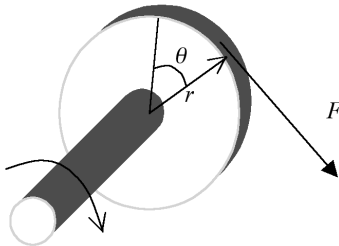
1.1. irudia. Distantzia batean aplikaturiko indarrak eginiko lana.

Termodinamikan, ordea, definizio hori ondoko moduan interpretatzen da: sistemak bere kanpo-ingurunearen gainean indar bat eragin eta mugaren desplazamendua gertatzen denean, sistemak lana garatzen du. Lan-mota horri muga-desplazamenduko lana deritzo, eta bigarren atalean sakonkiago aztertuko dugu; sistema itxietan egiaztatzen da. Sistema itxiek, bere muga desplazamenduaren bitartez trukutzen dute lana kanpo-ingurunearekin. Honen adibide adierazgarriena, zilindro-pistoi motako sistema batean dagoen gasak osatzen duen sistema da (ikus 1.2. irudia). Sistema horren muga higikorra pistoiaren burua da. Pistoi higitzean, sistemak lana egin edo jaso egiten du.



1.2. irudia. Zilindro-pistoi motako sistemaren mugaketa-desplazamendua.

Ardatz-lana: Biratze-lan mekanikoa da. Ardatz baten bitartez, inertzia bat duen elementu biratzaile batek burutzen duen distantzia angeluar batean zehar aplikaturiko indar-pare eragile batek eragindako lana da.



$$W = M \cdot \theta = F \cdot r \cdot \theta \quad (1.4)$$

1.3. irudia. Ardatz-lana.

Bigarren atalean ikusiko dugun moduan, sistema ireki gehienek ardatz batez baliatuz trukutzen dute lana kanpoko ingurunearekin.

Beroa (Q)

Beroa, sistemen arteko tenperatura-diferentziaren eraginez, sistema batetik bestera pasatzen den energia da. Baldin eta tenperatura ezberdineko bi gorputz kontaktuan ipintzen badira, beroa gorputz berotik gorputz hotzera pasatuko da, bere aktibitate molekularra handituz, hau da, bigarrenaren barne-energia handituz.

Horrela, beroa barne-energia bilakatuko da. Aitzitik, bero gisa irteten den energiaren ondorioz, gorputz beroaren aktibitate molekularra murriztuko da, bere barne-energia murriztuz.

Lana eta beroa, sistema batetik beste sistema batera transmitituriko energiak dira; barne-energia, ordea, sisteman bertan metaturiko energia da.

Potentzia (\dot{W})

Potentzia izeneko magnitudea lana zer abiaduraz egiten den adierazteko erabiltzen da. Bere unitatea watt izenekoa da.

$$\dot{W} = \frac{\delta W}{dt} \quad [W] \quad (1.5)$$

Bero-fluxua (\dot{Q})

Denbora unitatean gertatzen den bero-trukeari bero-fluxua deritzo. Hortaz, bero-fluxua bero-trukatzearen abiadura da.

$$\dot{Q} = \frac{\delta Q}{dt} \quad [W] \quad (1.6)$$

Gastua (\dot{m})

Denbora unitatean, sekzio batean zehar igarotzen den masa-kantitatea da.

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad (1.7)$$

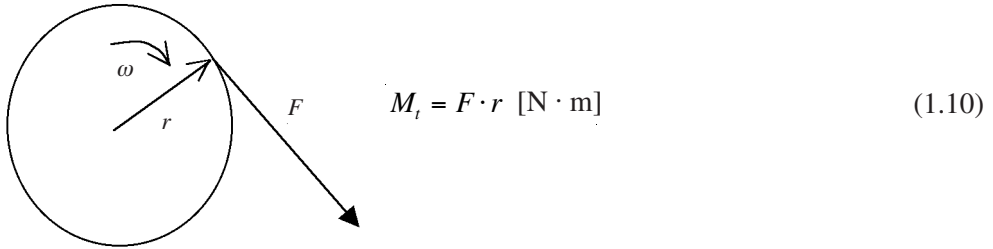
Horrela, lan espezifikoa: $w = \frac{\dot{W}}{\dot{m}} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \quad (1.8)$

eta bero espezifikoa: $q = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \quad (1.9)$

izeneko magnitudeak definitzen dira.

Indar-pare eragilea

Motor batek karga mekaniko bat eragiten duenean, kargaren erresistentziaren kontra egiten du lan. Erresistentzia horrek motorraren balazta-efektua egiten du. Balazta-efektu hori gainditzeko motorrak M_t momentu edo pare eragilea garatu behar du.



1.4. irudia.

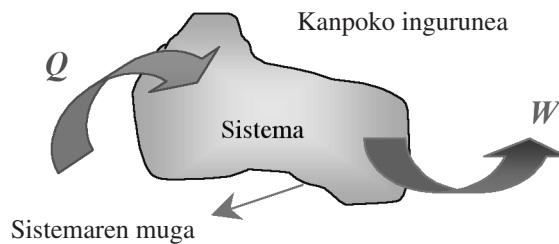
Motorrak pare eragile hori ω abiadura angeluarraz garatzen badu, orduan, motorraren ardatzean garatutako potentzia hauxe izango da:

$$\dot{W} = M_t \cdot \omega \text{ [W]} \quad (1.11)$$

Eragin beharreko karga edozein izan daiteke, hots, sorgailu elektriko bat, igotze-mekanismo bat, itsasontzi baten helizea, haizagailu bat, etab.

Sistema termodinamikoa

Gure arreta jasotzen duen materia-zatia edo aldea da. Espazioaren eskualde batean edo substantzia-kantitate batean gertaera termodinamiko bat gertatzen denean, gertaera hori aztertu eta deskribatzeko, lehenik, aztertu nahi duguna zer den finkatu beharko dugu, espazioaren zein eskualde aztertu nahi dugun, eta horri *sistema termodinamikoa* deritzo.



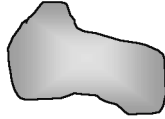
1.5. irudia. Sistema termodinamikoa.

Sistema baten mugak errealak edo irudimenezkoak izan daitezke. Sistema inguratzen duen aldeari, sistematik kanpo dagoen guztiari, sistemaren kanpoko ingurunea deritzo.

Sistemen sailkapena

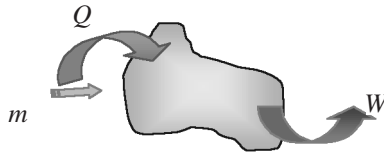
Sistemak modu ezberdinetan sailka daitezke:

- **Sistema isolatuak:** materia- eta energia-trukerik ez dutenak.



1.6. irudia. Sistema isolatua.

eta **sistema isolatugabeak:** aurreko baldintza betetzen ez dutenak dira.



1.7. irudia. Sistema isolatugabea.

- **Sistema sinpleak:** Mikroskopikoki homogeenak, isotropikoak, karga elektrikorik gabekoak eta kimikoki geldoak direnak eta ez eremu elektriko, ez magnetiko, ezta grabitatorioen eraginpean daudenak eta gainazal-tentsioaren efekturik ez izateko aski handiak direnak.

eta **sistema konposatuak:** Aurreko baldintza guztiak betetzen ez dituztenak.

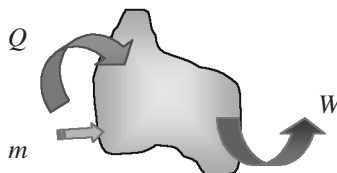
Sistema sinplea delako kontzeptua errealitatean agertzen ez den idealizazio bat da; baina sistema erreal asko sistema sinplearen eredura hurbiltzen direnez gero, egokia suertatzen da kontzeptu hori hainbat sistema erreal aztertzeko.

- **Sistema itxiak:** Beren ingurunearekin materia-trukerik ez dutenak.



1.8. irudia. Sistema itxia.

eta **sistema irekiak:** Bere ingurunearekin materia-trukea dutenak.



1.9. irudia. Sistema irekia.

Sistema baten mugak edo paretak

Sistema bat deskribatzerakoan, ezinbestekoa da bere inguruetik bereizten duten paretak edo mugak nolakoak diren zehaztea.

- Mugak izan daitezke:
- Adiabatico edo diatermikoak.
 - Zurrunak edo higikorak.
 - Iragazkorak (erdi-iragazkorak) edo iragazkaitzak.

Sistemaren mugen izaerak, sistemaren eta bere kanpoko ingurunearen arteko erlazioak nolakoak izan daitezkeen definitzen du. Hortaz, sistemaren mugek sistema zer motatakoa den definitzen dute. Esate baterako, paretak zurrunak, iragazkaitzak eta adiabaticoak dituen sistema **isolatua** izango da.

Koordenatu edo aldagai termodinamikoak

Sistema termodinamiko baten ezaugarri neurgarriak dira. Ezaugarri horien balioa aldakorra da sistemaren egoera termodinamikoaren arabera; hortaz, ezaugarri horiek sistemaren egoera termodinamikoak deskriba dezakete. Honelako ezaugarriak *aldagai* edo *koordinatu termodinamikoak* deritze.

Sistema deskribatzen duten aldagaiak bi motatakoak izan daitezke:

– **Estentsiboak.** Aldagai hauen balioa sistemaren magnitudearen edo estentsioaren arabera dira, hots, masaren arabera. Magnitude gehigarriak dira. Honela, baldin eta sistema n azpi-sistemaz osaturik badago, sistema osoari dagokion X aldagai estentsiboaren balioa, azpisistema bakoitzaren aldagai beraren balioen batura da:

$$X = \sum_{i=1}^n X_i \quad (1.12)$$

Aldagai estentsiboak dira, besteak beste, bolumena (V), masa (m), etab. Letra maiuskulaz adierazten dira, m delakoa salbuespena izanik.

– **Intentsiboak.** Sistemaren estentsioaren arabera ez direnak. Ez dira magnitude batukorrak, ez baitira masaren kantitatearen arabera. Aldagai estentsiboak masaren balioaz zatitzen badira, aldagai intentsiboak bilakatzen dira. Era horretan intentsibo bilakatutako aldagaiak izendatzeko, aldagaiaren izenaren ostean “espezifikoa” hitza erabiltzen da, adibidez, bolumen espezifikoa, barne-energia espezifikoa, etab. Badira, ordea, bi salbuespen: presioa eta tenperatura aldagai intentsibo puruak dira, ez baitira estentsibo bilakatzen masaz biderkatzerakoan. Horregatik, letra xehez adierazten diren beste aldagai intentsibo guztiak ez bezala, presioa (P) eta tenperatura (T) letra larriz adierazten dira.

Presioa (P)

Definizio makroskopiko baten arabera, benetako edo irudimenezko gainazal batean, azalera-unitateko egiten den indar normala da presioa.

Gasen teoria zinetikoaren ikuspegitik, gas baten presioa, gordailuaren pareten aurka gasaren molekulek etengabe dituzten talken emaitza da.

Likidoen kasuan, presioa eragiten duen indarra grabitate-indarra da, hots, likidoaren pisua. Presio horri *presio hidrostatikoa* deritzo.

SI sisteman presioa pascal-etan adierazten da $\left(Pa = \frac{N}{m^2}\right)$, baina beste unitate batzuk ere erabiltzen dira (bar izenekoa, merkurio-zutabeko milimetroa, etab.):

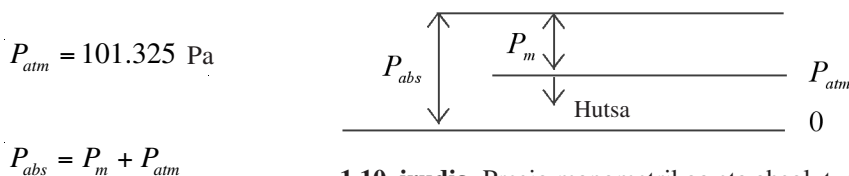
$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 750 \text{ mm Hg}$$

Honela, presio atmosferiko normala: $760 \text{ mmHg} = 1,01325 \text{ bar} = 101.325 \text{ Pa}$

Presio manometrikoa (P_m): edo erlatiboa, presio atmosferiko lokalarekiko neurtutako presioa da.

Presioa manometrikoa neurtzeko gailuak manometroak dira. Mota askotako manometroak erabil ohi dira (merkurio-zutabeko manometroak, ur-zutabeko manometroak, Bourdon motakoak, etab.)

Presio absolutua (P_{abs}): Presio manometrikoaren eta presio atmosferiko lokalaren arteko batura da. Presio atmosferiko lokala barometroaren bidez neurtzen da.



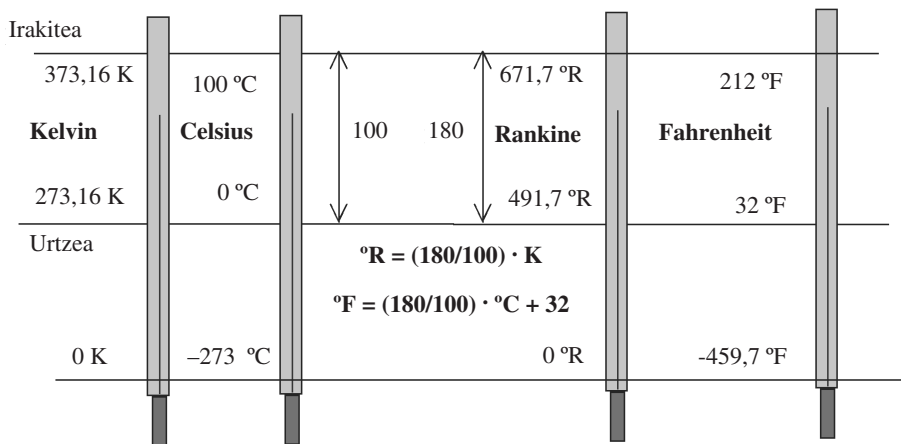
1.10. irudia. Presio manometrikoa eta absolutua.

Temperatura (T)

Ikuspegi mikroskopikotik ikusita, gorputz baten molekulen eta atomoen higidura-ren batez besteko energia zinetikoaren neurria da temperatura. Zentzu honetan, gorputz baten barne-energiaren adierazgarria da.

Ikuspegi makroskopikotik, ordea, gorputz baten temperatura, beste gorputzekin beroa trukatzeko duen gaitasunarekiko egoera termikoa da. Hortaz, temperatura, beroaren potentzial termikoa da. Honela, bi sistemek temperatura bera dutenean, oreka termikoa daudela esaten da, eta ez dute bero-trukerik izango.

SI sisteman Kelvin eskala erabiltzen da temperatura neurtzeko. Temperatura-eskala honetan uraren puntu hirukoitzari 273,15 balioa esleitzen zaio. Oso erabilia den beste eskala bat Celsius eskala da. Honetan presio atmosferiko normalari (1 atm) dagokion uraren urtze-puntuari 0 balioa esleitzen zaio eta irakite-puntuari 100 balioa. Hortaz, Kelvin eskalaren jatorria 273 K igoz lortzen da Celsius eskalaren jatorria. Jarraian Kelvin, Celsius, Rankine eta Fahrenheit temperatura-eskalen arteko erlazioak adierazten dira:



1.11. irudia. Temperatura-eskalak.

Termodinamikaren zerogarren printzipioa

Baldin eta bi sistema hirugarren sistema batekin oreka termikoan badaude, oreka termikoan egongo dira beren artean.

Baieztape horretan oinarrituz, posiblea da bi sistemen arteko oreka termikoa egiaztatzea hirugarren sistema bat erabiliz, eta, ondorioz, egoera termiko horri dagokion aldagaia neurtzea. Hiru sistemek duten aldagai komun hori temperatura da.

Oreka termikoan dauden sistemek ez dute beren artean bero-energiarik trukutzen; bero-potentzial berdina dute, hau da, temperatura bera dute.

Hortaz, termodinamikaren zerogarren printzipioak temperatura ezaugarri neurgarria dela ezartzen du, eta, ondorioz, aldagai termodinamikoa.

Oreka termodinamikoan dagoen sistema

Sistema bat oreka termodinamikoan dagoela esaten da, baldin eta bere inguru-nearekiko aldaketa finiturik gabeko prozesu finitu bat berez burutzeko gai ez bada.

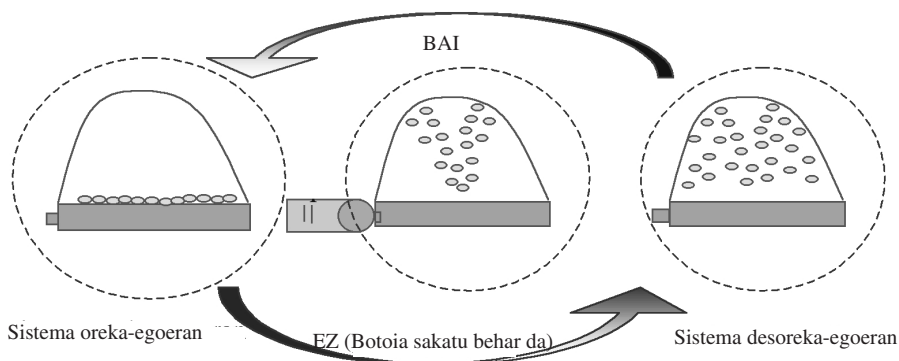
Horrek, koordenatu termodinamikoek sistema osoan uniformeak izan behar dutela dakar loturik.

Oreka termodinamikoak behar ditu:

- Oreka termikoa: tenperatura berdina izatea sistemaren puntu guztietan.
- Oreka mekanikoa: presioa berdina izatea sistemaren puntu guztietan.
- Oreka kimikoa: konposizio kimikoa berdina izatea sistemaren puntu guztietan.

Esperientziak erakusten du orekan ez dagoen sistema isolatu batek beti lortzen duela oreka-egoera, denbora bat igaro ondoren, eta sekula ezin izango duela bere kabuz oreka-egoera horretatik irten. Hortaz, oreka-egoeratik kanpo utzitako sistema, denbora bat igarota, aurreko oreka-egoerara itzuliko da, bere kabuz, baldin eta kanpo inguruneko parametroak konstante mantentzen badira. Denbora-epe horri *erlaxazio-denbora* deritzen.

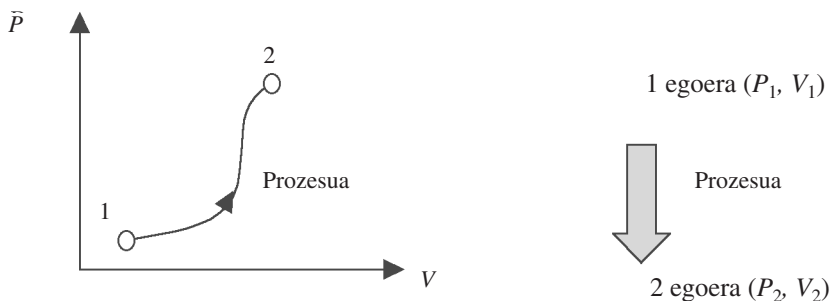
Hau guztia adibide simple batez adieraz daiteke. Demagun 1.12. irudiko sistema, partikula txikiak likidoaren behealdean dituena. Hasieran partikula guztiak behealdean daude, eta posizio horretan mantentzen dira, orekan. Hatzarekin indar bat aplikatu eta botoia sakatzen dugunean, ordea, partikula guztiak astindu, igo eta nahastu egiten dira; une horretan argazki bat aterako bagenu, partikulak likidoan zehar sakabanatuta ikusiko genituzke. Egoera berri hori ez da oreka-egoera, eta ondorioz, denbora-tarte bat igaro ondoren (erlaxazio-denbora), berriro ere partikula guztiak behealdera eroriko dira, jatorrizko oreka-egoerara itzuliz, eta ez da oreka-egoera horretatik berriro ere irtengo botoia sakatzen ez dugun bitartean, hau da, sistemak kanpoko ingurunetik akziorik jasaten ez duen bitartean. Sistema ez da bere kabuz oreka-egoeratik irtengo.



1.12. irudia

Prozesua

Sistema bat egoera batetik beste egoera batera aldatzen denean, sistemak *prozesu* edo *eraldaketa* bat jasan duela esaten da.

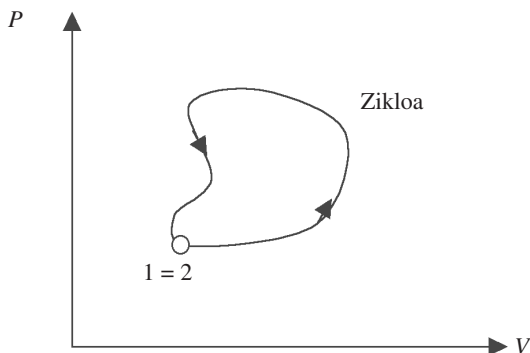


1.13. irudia. Prozesu termodinamikoa.

Orekan dagoen sistema bat ez da egoera horretatik irteten, bere ingurunearekin elkarrekintza bat jasaten ez badu. Elkarrekintza hori, energia-transferentzia modura gertatu ohi da.

Prozesu ziklikoa

Hasierako eta amaierako egoerak berbera direnean, sistemak ziklo bat osatzen du.



1.14. irudia. Ziklo termodinamikoa.

Zikloak bi noranzkoetan egin daitezke; erlojuaren orratzen mugimenduaren noranzko berekoa denean, zikloari potentzia-zikloa deritzo, bere helburua lana edo potentzia netoa garatzea baita. Kontrako noranzkoan gertatzen denean, hots, potentzia zikloaren alderantzizko zikloa denean, zikloaren helburua bero-trukea lortzea da eta horretarako lana kontsumituko du. Termodinamikak Ingeniaritza Termikoan erabiltzen diren ziklo ezberdinak aztertzen ditu.

Prozesu kuasiestatikoak

Baldin eta prozesu batean zehar, bitarteko egoera guztiak oreka-egoerak badira, prozesuari *kuasiestatikoa* deritzo. Horrelako prozesuetan, prozesua gertatzen den bitartean, sistemaren parametro edo aldagai guztiak erlaxazio-denbora baino modu mantsoagoz aldatzen dira. Horrek esan nahi du prozesuak oso mantsoa izan behar duela.

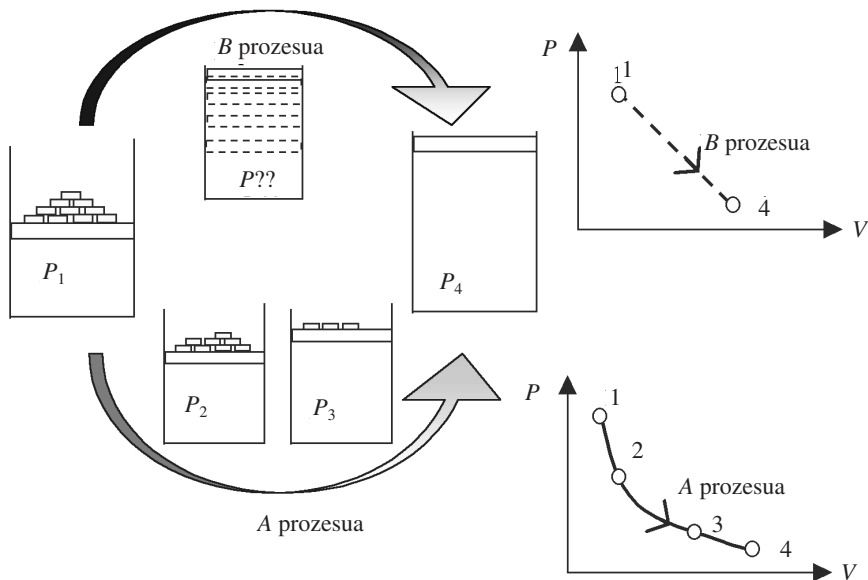
Prozesu itzulgarriak eta prozesu itzulezinak

Baldin eta prozesu baten ondoren sistema eta ingurunea prozesua gertatu aurretiko egoera berberera itzularaztea posible bada, orduan prozesua *itzulgarria* dela esan da. Horretarako ez da ingurunean ezta sisteman ere prozesuaren arrastorik edo ondorioz gelditu behar; hau da, kanpo- eta barne-itzulgarria izan behar du prozesuak.

Prozesuaren itzulezintasuna sistemaren eta bere kanpoko ingurunearen arteko erlazioak eragindakoa denean, prozesua kanpo-itzulezina da, hau da, itzulezintasunaren iturria sistematik kanpo dago. Itzulezintasunaren iturria sisteman barnean dagoenean, prozesua barne-itzulezina da. Beste atal batean aztertuko ditugu kanpo-itzulezintasunaren iturriak. Jarraian, barne-itzulgarritasun kontzeptua aztertuko dugu.

Demagun zilindro-pistoi sistema batean gas bat dugula, eta gas hori presiopean mantentzen dugula, enboloaren gainean oso pisu txikiko bloke asko ipiniz. Bloke bat kendu eta desoreka mekaniko txikia gertatuko da; egoera horretatik irten eta oreka-egoera berrira egokitzeko, enboloa distantzia txikian higituko da, sistemaren bolumena pixka bat handituz. Egoera berri horretan, gasaren bolumena handiagoa izango da eta presioa zerbait txikiagoa. Pisu txikia kentzean sortutako desoreka txikia dela eta, enboloaren desplazamendua motela izan da eta sistemak denbora izan du prozesua amaitu aurretik bere presioa homogeneizatzeko; hau da, prozesua sistemaren erlaxazio-denbora baino motelago gertatu da. Pisu guztiak banan-banan kentzen baditugu, beste oreka-egoera askotatik pasatuko da amaierako 4 egoeraraino iritsi arte (1.15. irudiko *A* prozesua). Bitarteko egoera horiek oreka-egoerak izango dira, prozesua erlaxazio-denbora baino mantsago gertatuko baita; hots, prozesua *kuasiestatikoa* izango da. Esan bezala, prozesu kuasiestatikoan zeharreko aldaketak oreka-egoera batetik beste oreka-egoera batera gertatzen dira; hortaz prozesua *itzulgarria* da, barne-itzulgarria, hain zuzen ere. Baldin eta kendutako pisu guztiak berriro ere banaka jarriko bagenitu, jatorrizko 1 egoera berberera itzuliko ginatke, bitarteko oreka-egoera guztiak errepikatuz. Bitarteko egoera guztiak oreka-egoerak direnez, definiturik daude eta prozesu-diagrama batean irudika daitezke. Honela, egoera guztiak elkartzuz, prozesu itzulgarria adierazten duen lerro jarraitua irudika daiteke.

Aitzitik, pisu guztiak bat-batean kentzen baditugu, desoreka handia gertatuko da eta desplazamendua bortitza izango da (*B* prozesua). Ondorioz, sistemaren barneko presioa modu azkarrean aldatuko da, bat-batean, eta ez du denborarik izango sistema osoan presioa homogeneizatzeko. Amaierako egoera berberera iritsiko da sistema, baina bitarteko egoerak ez dira oreka-egoerak, ez daude definiturik, presioa ez baita homogeneoa izan sistema osoan une bakoitzean. Hortaz, horrelako prozesua desoreka-egoera anitzetatik pasatzen da, eta prozesua *itzulezina* da. Bitarteko egoera horiek definiturik ez daudenez, ezin dira prozesu-diagraman irudikatu, eta prozesua lerro etenaz marraztu behar da.



1.15. irudia. Prozesu barne-itzulgarria (A) eta barne-itzulezina (B).

Naturan gertatzen diren prozesu guztiak itzulezinak dira, ez dago prozesu itzulgarririk; baina itzulezintasun-maila ezberdinak daude. Ingeniaritza Terminoaren eginbeharretako bat, itzulezintasunaren kausa diren faktoreak aurkitzea da, itzulezintasun hori ahal den neurrian gutxitzeko. Aurrerago ikusiko dugun moduan, itzulezintasunaren efektua *entropia* izeneko aldagai termodinamikoaren bitartez neur daiteke (ikus 5. atala).

Egoera-ekuazioa

Orekan dagoen sistema termodinamiko simple baten aldagai termodinamikoak funtzio baten bidez erlaziona daitezke. Funtzio horri *egoera-ekuazioa* deritzo.

Esperientziak erakusten duenez, sistema sinpleetan badago P , V eta T erlazionatzen dituen $f(P,V,T) = 0$ moduko erlazio bat. P , V eta T aldagaiei *oinarrizko aldagai termodinamikoak* deritze. Funtzio edo erlazio horren bidez, oinarritzko aldagai termodinamiko bat kalkula daiteke beste biak ezagutzen badira:

$$P=P(V,T) ; V=V(P,T) ; T=T(P,V)$$

Substantzia purua

Substantzia purua konposizio uniformearen duen substantzia da. Honela, substantzia osagai bakarrez osaturik dagoenean, substantzia purua dela esaten da. Bestela, substantzia hori beste substantzien nahastea izango da. Baina nahaste asko substantzia purutzat har daitezke, baldin eta horien konposizio kimikoa uniformea bada. Horixe gertatzen da Ingeniaritza Termikoan erabiltzen diren hainbat substantziarekin: nahaste bat izan arren, substantzia osatzen duten osagaien proportzioa konstante mantentzen bada, nahastea ere substantzia purua dela esango dugu. Adibide gisa, baldintza termodinamikoen eremu zabal batean, airea substantzia purutzat har daiteke, nahiz eta berez oxigenoz, nitrogenoz, ur-lurrunaz, eta beste zenbait gasez osaturiko nahastea izan. Beste baldintza batzuetan, ordea, beharrezkoa izango dugu airea osagai ezberdinez osaturiko nahaste gisa aztertzea (7. atalean, aire hezea izenez, ur-lurruna eta aire-lehorraz osaturiko nahaste gisa aztertzen da airea).

Substantzia baten fasea

Konposizio kimiko eta egitura fisiko homoginoa duen materiaren parteari *fasea* deritzo.

Egitura fisiko homoginoa izateak, fase bereko materialak solido, likido edo gas moduan egon behar duela esan nahi du. Sistema batean fase bat baino gehiagotan ager daiteke materia. Horrelakoetan sistema bifasikoa edo trifasikoa izango da, eta fase guztiak orekan egongo dira beren artean; hots, temperatura eta presio berean egongo dira. Substantzia bereko faseak orekan egon daitezke, lurrunketa- edo likidotze-prozesuetan gertatzen den moduan. Horrelakoetan, orekan dauden substantzia beraren fase ezberdinak asetasun-baldintzetan daude.

Egitura fisikoaz gain, konposizio kimiko berdina izan behar du materialak, fase bat osa dezan. Honela, ura eta alkohola likido-egoeran nahastu egiten dira, konposizio uniformeko nahaste bat emanez, eta, ondorioz, fase bakarra osatuz. Olioia eta ura, ordea, nahastezinak dira, eta ez dute fase bakarra osatuko, nahastearen konposizioa ez baita uniformea izango.