

rész 1

A gazdaság, mint materiális folyamat

természeti törvények és a gazdaság

Adam Smith[2] még a gazdaságelméletet úgy definiálta, hogy az az emberi gazdagság eredetének és elosztási szabályainak vizsgálata. Ezt fedte le a Politikai Gazdaságtan elnevezés. Az emberi gazdagság eredetének és elosztási szabályainak vizsgálata kell, hogy a gazdaságtan feladata legyen, mivel (mint ahogy azt már személyesen is érezhetjük) a gazdasági tevékenység fokozódása önmagában, amit a GDP mér, nem szükségszerűen vezet az emberiség gazdagodásához. A gazdagság növekedése mögött ott rejtőzködik az alapvető gazdasági érték, az emberi élet megőrzése, és a jó élet biztosítása. A gazdagság fizikai alapjait keressük.

Az élet minden szintjét gazdálkodás jellemzi. Minden élőlény energiát és anyagot vesz fel a környezetétől és megváltozott formában leadja. Az anyagcsere biztosítja a fennmaradást és a fejlődést. A gazdálkodás, a termelés is anyagcsere. Az ember esetén természetesen a fenntartásnak és a reprodukálásnak nemcsak biofizikai oldala van, hanem pszichológiai, társadalmi, kulturális oldala is van, de ez nem lehetséges biofizikai alap nélkül. A biofizikai oldal a javak fogyasztását, felhasználását jelenti, innen származik a használati érték, vagy hasznosság fogalma. De az értéknek van egy fizikai oldala is. Ahhoz, hogy egy dolog hasznos legyen használhatónak kell lenni, ennek feltétele a megfelelő forma, a megfelelő formájú energia. Az enivaló azért hasznos mert megesszük, és táplál. A célunk itt annak a mondatnak a megmagyarázása lesz, hogy pontosan mit és miért eszünk - a fizika nyelvén megfogalmazva, és így az érték fizikai oldalának meghatározása. Megmutatjuk, hogy az érték nem vezethető vissza fizikai jellemzőkre, azaz nem redukálható - de nem is szakitható el teljesen.

A dolog értéke hármaskötésben érthető meg. A dolog, mint speciális anyagi rendszer alkalmas a szükséglet kielégítésére. Meghatározott tulajdonságai, komplexitása van. Az ember képes az anyagi objektumot felhasználni, és tudja, felismeri, hogy felhasználhatja. Ha a három elemből egy is hiányzik, akkor a dolognak nincs értéke. Az érték realizálásához természetesen a dolog léte is hozzátartozik – elő kell állítani, és meg kell szerezni – ez a gazdasági tevékenység. Az érték tárgyalása ezért csak interdiszciplinárisan lehetséges. Fizikai – kémiai jellemzés adja meg a dolog azon tulajdonságait, amelyek lehetővé teszik, hogy értékesek legyenek. Ez a vizsgálat ahhoz szükséges, hogy az elmúlt évszázad „törvényét”, amely szerint a nemzeti jövedelem növekedése és az energiafelhasználás között erős a korreláció – megvizsgálhassuk. A növekedés korlátainak meghatározásához ez vitális kérdés. A fizikai elemzés megmutatja, hogy ez az összefüggés - azaz az energia és a GDP korrelációja - nem törvényszerű. A kapcsolat inkább gazdaságpolitikai következmény, sem mint természettörvény.

A gazdaság modellünk alapeleme az érték, és az érték változásnak a kvantifikálható része – a mennyiségek változása következtében fellépő érték változás matematikai tárgyalása. Az Oscar Wilde aforizmájának hitelességét más oldalról

támasztjuk alá. O. W. szerint cinikus az az ember, aki mindennek tudja az árát de semminek nem tudja az értékét. Az aforizma helyesen úgy szól, hogy nem lehet szabad ember, aki csak az árát ismeri de az értéket nem – legfeljebb konzumidióta. Az érték és a fizikai jellemzők kapcsolatának elemzése mutatja meg, hogy az emberi gazdagság - a birtokolt értékek összessége nem szükségszerűen arányos az energifelhasználással.

A bizonyításhoz először a vonatkozó fizikai leírást ismertetjük.

A termodinamika

A termodinamika a természet törvényeit fogalmazza meg, amelyeket mindenki ismer, de a termodinamika már kevésbé. Ennek az az oka, hogy a termodinamika a változásokról szól, ugyanakkor az elméleti leírás az egyensúlyon keresztül vezeti be a fogalmakat. Ebben a könyvben szakítunk ezzel a hagyománnyal, és a változásokat vizsgáljuk.

Az egyensúlyi leírás a XIX. században kialakult, és befagyott az elmélet. A fizikusok köztáblára írott szabályként ismételtetik a törvényeit, és a logikai tisztázás elmaradt. Talán azért, mert érthető alakjukban, mert nagyon egyszerű, és nagyon fájdalmas a tartalmuk. Ezek a törvények azt mondják, hogy az ember előtt van lehetetlen. A természetnek törvényei vannak, amit csak felismerhetünk, élhetünk vele, de meg nem sérthetjük. A korlátokat kell felismerni, és élni velük. Sokkal jobban szeretjük az álmainkat hallgatni, mint az igazságot. Ezért ma is sokkal népszerűbb az a „zseniális tudós, mérnök“ aki néhány millió (milliárd) forintért megoldja az energia problémát, mint az az unalmas tudós, aki azt mondja, hogy a természetnek vannak törvényei.

A termodinamikában a természet törvényeit összegezzük, és matematizáljuk. A megfogalmazott természettörvény lényege már egy pohár vízben is látható. A víz egy idő múlva ugyan olyan hőmérsékletű lesz, mint a szoba. Nagyon sok ember (tudós) munkája kellett ahhoz, hogy a jelenség mögött lévő természettörvényt "gazdaságos" formában kimondják, amikor is a természet két robusztus törvénye az I. és II. főtétel alakban fogalmazódott meg.

Az energia megmaradása azt jelenti, hogy nem készíthetünk olyan gépet, amely semmiből munkát állít elő. Ez az I. fajú perpetuum mobile lehetetlenségének elve. Az első főtétel, „ az az energia megmaradásának törvénye a fizika legszigorúbb „főkönyvelője”. Az energia változás megegyezik a "kiadásnak" és a "bevételeknek" a különbségével, és pontosan egyeznie kell vele. Ha egy kísérletben ez nem teljesül, akkor biztosak lehetünk benne, hogy a hiba bennünk van, mert valamit nem vettünk figyelembe. A fizika fejlődését jelentősen befolyásolta a törvény, hiszen a látszólagos sérülés rámutatott arra, hogy nem teljes a leírás.

A II. főtétel a népszerű megfogalmazás szerint az entrópia növekedését mondja ki. Az entrópia gazdasági használatának azonban három akadálya is van. Kevesen értik, nem lehet kiszámolni, és nem ad gazdaságilag releváns információt. A tudomány XX. Századi fejlődése azonban már új megfogalmazást is kínál, II. főtétel más (szemléletes jelentéssel bíró) fizikai mennyiségekkel is megfogalmazható, az exergiával vagy az extrópiával – ezeket ismertetjük ebben a fejezetben. . Ekkor csak az első akadály marad igaz, kevesen ismerik még őket. Nehéz válaszolni arra a kérdésre, hogy a termodinamikának miért csak a fizikusoknak és vegyészeknek érthető megfogalmazás vált uralkodóvá a XIX. És a XX. században.

Egy lehetséges magyarázatot ad az, hogy a természettudományt ugyanúgy, mint a közgazdasági gondolkodást mindig befolyásolták az adott kor aktuális gazdasági kérdései. Amikor a közgazdászok elkezdtek figyelmen kívül hagyni a természetet a gazdasági folyamat bemutatásában, akkor ez az egész tudományos világ beállítottóságában is tükröződött. Az ipari forradalom példátlan eredményei annyira elkápráztattak mindenkit azzal, hogy az ember mire képes gépek segítségével, hogy az általános érdeklődés a gyárra korlátozódott. Az új technikai lehetőségek kiváltotta látványos tudományos felfedezésekben fölindulásszerű előrelépés következett be, ami eresztette a technológia hatalma iránti általános bámulatot. Ennek következménye lett az is, hogy az írástudók túlértékelték és így felülértékelve tálták a nagyközönségnek a tudomány teljesítményeit. Természetesen egy ilyen piedesztálról még csak elképzelni sem lehetett, hogy bármilyen igazi akadály alapvető eleme lenne az emberi állapotnak. Ezért a termodinamika II. főtétele és az entrópia törvény idegen volt a XIX. századi és a XX. századi gondolkodás számára. A természet korlátaira figyelmeztetett. Ha elfogadjuk ezt a tézist, akkor érthetővé válik, hogy a fizikusok körében miért maradhatott meg az a mítosz, hogy a természet legfontosabb törvényét csak egy érthetetlen mennyiséggel lehet kifejezni.

Az entrópia érthetetlen, és nem csak a laikusok számára. Ha különböző iskolákhoz tartozó termodinamikuskok elkezdenek az entrópiáról beszélni, akkor nem értik meg egymást. (Pedig a véleményük azonos – a másik nem tudja a fizikát.) A könyvben az érthetetlen entrópia helyett egy egyszerű, emberszabású mennyiségét, az extrópiát használjuk. Egy fizikus és egy festő beszélgetésén keresztül vázolom fel a termodinamikai szemléletmód lényegét- és az extrópia lényegét.. Ez a beszélgetés nem képzeletbeli. A férjemmel beszélgettünk, és a beszélgetés egyik eredménye az „Ébredj, mert jön a fekete entrópia” c.

2.1. Beszélgetés a termodinamikáról

Fizikus: A műtermedben, az ajtóval szemközti fal bal sarkában található pasztell képnek azt a címet adtad, hogy ÉBREDJ, MERT JÖN A FEKETE ENTRÓPIA! Egyáltalán, mi indított az említett kép címadására?

Festő: Beszélgetéseink e témáról. Ahogyan Te bővítet az ismereteidet a művészeti élményekkel, hasonlóképp fordulok jómagam a természettudományok felé. Persze nem mint szakember hanem csak mint érdeklődő. Egy idő elteltével rá kell döbbernem, hogy Te is, Én is ugyanannak a problémának vagyunk rabjai, a világ megismerhetőségének. Amiben különbözünk az a megfogalmazás nyelvezete. A hírek nap mint nap taglalják a fenntartható fejlődés, az energiaválság, az üvegház hatás és más egyéb emberi cselekvéssel kapcsolatos gondjainkat, új fogalmakkal ismerkedem, közöttük szó esik az entrópiáról is, melyről sejtem, hogy az entrópia törvény behatárolja lehetőségeinket.

Fiz: A képed nekem azt mondja, hogy a természetnek törvényei vannak. Ezek behatárolják lehetőségeinket. A korlátok felismerésétől függ, hogy boldogan és szabadon élünk, vagy a korlátok által korlátozva.

Fes: Lehet, én a szorongásaimat és a reményeimet fogalmaztam meg képileg. Bevallom, hogy számomra az entrópia törvény nagyon pesszimista. Az egyirányúság, a romlás szinonimája. Az entrópia növekedése azt jelenti-e, hogy életminőségünk egyre rosszabb lesz? Te vagy a természettudományos szakember. Várom a magyarázataidat, miről is szólnak a napi híreink?

Fiz: Kezdjük az elején. Örülök, hogy érdeklődsz az entrópia iránt.

Fes: Igen, de nem értem, és nem vagyok ezzel egyedül.

Fi: C. P. Snow legalább olyan felháborítónak tartotta, hogy az emberek nem ismerik ezt a törvényt, mintha egy tudós még soha nem hallott volna Shakespeare-ről. Két kultúra és tudományos forradalom című híres írásában megjegyezte: Jó néhány esetben voltam olyan emberek társaságában, akik hagyományos mérce szerint nagyon műveltnek számítottak, és különös élvezettel fejtették ki véleményüket a tudósok műveletlenségéről. Egyszer-kétszer feldühödtem, és megkérdeztem a társaságot, hogy hányan tudnák elmondani a termodinamika II. főtételének lényegét. A reakció hűvös volt, és egyúttal elutasító.

Fe: Szerintem Snow-nak van igaza, hiszen ha nem ismernék, akkor én sem ismerném sem az entrópia szót, sem a termodinamika II. főtétele kifejezést.

Fi: A törvény tartalmát azonban ismeri mindenki. Már óvodáskorban megtanuljuk. De azért ma már sokan ismerik –ha csak közvetetten is– az entrópia szót is. Generációnk –a hatvannyolcasok– amerikai irodalmában az entrópia a hanyatlás, a romlás szinonimája. A posztmodern írók, mint Pynchon, Barthelme vagy Vonnegut és mások gondolatvilágának meghatározó eleme.

Fes: Igen, náluk is megfogalmazódik, hogy az entrópia növekedése a rend eltűnése, a rendetlenség növekedése. Az entrópia. a hanyatlás, a romlás. Ez valós tapasztalat!

Fi: Gondold végig mit is állítottál. A rendetlenség olyan cselekvéssorok következménye melyeket naponta átélünk és gondolnád-e, hogy a rendetlenség a rend fogalmából következik? A könyveidet a polcon meghatározott rend szerint csoportosítod. Mégis előfordul, hogy valaki más rendetlennek látja, neki más a rend.

Fes: Beszélte a rend fogalmáról és arról, hogy e fogalom mit fed le. Tehát létezik lehetőség a rendnek a szubjektumtól független jellemzésére, ha jól szeretném sejteni: mérésére. Ez az entrópia?

Fi: Nem. Nincs objektív, ember független rend fogalom, és így a rendetlenség is antropomorf jellemző.

Fes: Ha nem a rendetlenség mértéke, akkor mi az entrópia? Először maga a szó jelentése kell. Entrópia? Megnéztem az entrópia és ektrópia jelentését, a szemhéjak be ill. kifelé fordulására a szemorvosok használják.

Fi: A fizikában is hasonló a jelentés. Clausius kreálta a szót. „en+tropy”, ami annyit jelent, hogy belső és változás. Az entrópia növekedést Farkas Gyula, Kolozsvárott dolgozó fizikus a XIX. század végén a változások mértékének nevezte magyarul.

Fes: Az entrópia a megtörtént változásokat méri, ezért mindig nő. Minden változás növeli az entrópiát. Eddig értem, csak azt nem értem, hogy mi az entrópia.

Fi: A fizika csak egyszerűen, és hatékonyan összefoglalja a tapasztalatokat az energiamegmaradásával és az entrópia növekedésével..

Fe: Egyszerűen? És hatékonyan?

Fi: A hatékonyságra számomra a legszebb példa, hogy erőmű tervezése során ezrelék pontossággal megadják a kész erőmű hatékonyságát a külső hőmérséklet megadása esetén. Lenyűgöző a számítás.

Fe: OK, de miért egyszerű?

Fi: A termodinamika II. főtétele úgy szól, hogy a hő nem megy magától hidegebb helyre. Ez egyszerű.

Fes: Nekem nem. Ha a hűtőszekrényemre nézek, akkor arra kell gondolnom, hogy amikor megfogalmazták a II. főtételt ebben a formában, akkor még nem volt hűtőszekrény. Clausius még nem ismerhette.

Fiz: Magától hűt a hűtőszekrény?

Fes: Bekapcsolom, és utána automatikusan. Azaz magától szabályozza a hőmérsékletet.

Fiz: Csakhogy ott a hő nem magától megy a hidegebb helyről a melegebb felé, hanem az elektromos áram munkavégzése révén. Jegyezzük meg, hogy a II. főtétel csak az olyan hűtőszekrényt tiltja le, amely önmagától működik.

Fes: ..mint a perpetuum mobile. A perpetuum mobile lehetetlensége az áram nélkül üzemelő hűtőszekrény lehetetlensége. Értem, de mégsem. Ez egy banális igazság, már az óvodás korunkban is tudjuk. Miért tiszteljük ennek felismeréséért Clausiust? Clausius megmutatta, hogy a II. főtétel és az entrópia növekedése ugyanannak a jelenségnek különböző megfogalmazása. Az entrópiikus megfogalmazás pedig azért jó, mert segítségével mérhető összefüggésekhez jutunk.

Fes: Ez magyarázat volt?

Fiz: Részben! De folytatom. Clausius eredménye az volt, hogy ez a banális igazság egy természettörvény gazdaságos megfogalmazása. Ha, a tapasztalatinknak megfelelően elfogadjuk, hogy mindig igaz, azaz természettörvény, akkor ez a verbális állítás egy olyan új mennyiség létezéséhez vezet, amellyel minden reálisan létező dologhoz (rendszerhez) objektíven hozzárendelhetünk egy számot (amelynek mértékegysége Joule/Kelvin), és ezzel a mennyiséggel (az entrópiával) szét tudjuk választani a lehetséges és a lehetetlen folyamatokat. Természetes (lehetséges) változásnál ez a mennyiség nem csökkenhet. A fizika megadja azokat a szabályokat, amelyekkel ez a szám konkrét rendszerre kiszámítható.

Fes: Az én entrópiám is meghatározható? Mennyi?

Fiz: Elvileg pontosan is meghatározható, de hiányoznak hozzá az adatok. Egy nagyon durva becslést tudok adni. Nagyságrendileg 10^{20} MJ/K.

Fes: és ahogy öregszem, úgy nő az entrópiám és ha visszafiatalodnék, akkor lecsökkenne? Fiz: Nem tudom, mert az entrópiád állandóan nő, de csökken is. Amikor eszel például, akkor nő az entrópiád, de ha hőt adsz le, vagy izzadsz, akkor csökkented az entrópiádat.

Fes: De még sem tetszik a II. főtétel megfogalmazása. Nem úgy hangzik, mint egy komoly természettörvény! Evvel az erővel posztulálhatnánk azt is, hogy „Lefelé folyik a Tisza, nem folyik az többé vissza”, vagy hogy a nehéz testek leesnek, pedig tudjuk, hogy a lefelé való mozgás a gravitáció következménye. A kérdésem pedig arra vonatkozik, hogy két hasonló tapasztalat megfogalmazása közben két teljesen különböző fizikai kép keletkezik? Az egyiket az entrópia növekedésével társítjátok, a másikat pedig a gravitáció törvényével? Ezek szerint minden új jelenséghez új fizika járul!

Fiz: A kérdés jó, a válasz is – de csak részlegesen! Ugyanazt a jelenséget többféle fizikai elmélettel is tárgyalhatjuk. A teljes leírásban már nem lesz különbség, de a közelítő leírások különböznek. Ha csak a mechanikai mozgásra vagyok kíváncsi, akkor azt a gravitációs erővel írjuk le. Elhanyagoljuk, vagy apránként építjük be a súrlódást, a közegellenállást, a felhajtó erőt. Történelmi (tudománytörténeti) oka van annak, hogy a II. főtétel kimondása a hő tulajdonságaival történt, és annak is, hogy a nehéz testek leesésével az iskolai fizika a termodinamika részben nem

foglalkozik. Viszont könnyen beláthatod, hogy a két tapasztalat csak egyszerre lehet igaz. Egymást feltételezik.

Fes: Tényleg, a leeső súly melegít, és így ha magától felemelkedne és azután leesne valahol, akkor a végeredmény az lenne, hogy a hő a hidegebb helyről ment a melegebb helyre.

Fes: A II. főtételt nem levezetjük, hanem a korlátozott tapasztalataink alapján mondjuk ki. Soha eddig nem tapasztaltuk azt, hogy hő magától menne alacsonyabb hőmérsékletre magasabb hőmérsékletre, de kimondhatjuk-e, hogy ilyen sohasem történhet meg. A történelem során gyakran megtörtént, hogy kimondtunk törvényeket melyekről később kiderült, hogy nem is azok. Tudásom szerint ugyanaz a francia Akadémia mondta ki a perpetuum mobile lehetetlenségét mint amely kimondta azt, hogy a levegőnél nehezebb tárgy nem emelkedhet a levegőbe. Ennek alapján nem jelenthető-e ki, hogy az ember előtt nincs lehetetlen? Ha a repülőgép felemelkedhet a Földről akkor egy zseniális felfedező vajon megépítheti majd a perpetuum mobilét is. . .

Fiz: Ez egyike a legendáknak, utána néztem nem találtam semmi ilyen utalást a francia akadémiánál. A fizikatörténet Kelvinnek tulajdonít ja ezt a mondást, mégpedig ez akkor hangzott el, amikor meglátogatta a Wright fivérek üzemet, és nem volt elégedett a látottakkal. The Francia Akadémia 1775-ben adta ki a közleményét, amely nyitó mondata: "La construction d'un mouvement perpétuel est absolument impossible".[1775], azaz az örök mozgató éptiésének lehetetlensége. A ppm az ember örök vágyálma, Már Leonardo da Vinci is kísérletezett vele, és napjainkban is nagyon sokan, és ezek közül többen sok pénzt gyűjtöttek össze.. De azt kell mondanom, hogy a perpetuum mobile építők nem túl sokat, hanem túl keveset tudnak. Általában kihagynak valamit a számításból, vagy rosszul tudják az elméletet.

Fes: Igen, ez a konzervatív tudósok véleménye.

Fiz: Igen, akik azt mondják, hogy a perpetuum mobile lehetetlenségén alapuló elmélet eredményeit felhasználó számítás csak hibás lehet, ha a végeredmény sérti az alapelvet. Ez igazából csak arra bizonyíték, hogy rossz a számítás, Természetesen nem az következik belőle, hogy nem lehet örök mozgatót készíteni, hanem csak annyi, hogy ha van ilyen, akkor nem lehet az elméletet használni, azaz nem lehet kiszámolni - a számítás mindenképpen rossz.

Érdeemes itt elábrándozni egy olyan világról amelyben nem létezik a II. főtétel. Ahol ha vacsorát készítenék nem kellene használnom a gáztűzhelyt mert magától is megfőhet az étel, de főznöm sem kellene, hisz a szervezetem reverzibilisen működne és emiatt a táplálékban rejlő energiára sem lenne szükségem. Ha pedig nem kell ennem az talán már az elképzelhető mennyország de akkor honnan lesznek motivációink. Mit és miért cselekedjünk. Én nem tudom az embert ebben a világban elképzelni.

Fes: Lehet, én se tudom elképzelni, de a világunk így viszont pesszimista. Ha a hőmérséklet-különbség egy magára hagyott rendszerben mindig csökken akkor egy idő múlva minden különbség eltűnik? Hogyan is mondjam. . . meghal a rendszer?

Fiz: Valóban! És ezt a végső állapotot nevezik „hőhalál”-nak. Csakhogy a Földünk nem magára hagyott rendszer. A Nap és a világűr között helyezkedik el. Tehát a változások állandóak. A Földön, amíg süti a Nap, nem kell tartanunk a hőhaláltól. A hőmérséklet-különbségek pedig állandóan keletkeznek és eltűnnek.

Fes: Jó, ez rövidtávon igaz, de az egész Univerzumra akkor is a hőhalál jön ki.

Fiz: Keveset tudunk még, de megnyugtatlak a jelenlegi fizikánk alapján ehhez Δt^{89} évet kell várni.

Fes: OK, ez elég hosszú idő. De miért is jó az a számunkra, ha elfogadjuk általános természettörvénynek a hőmérséklet-kiegyenlítődést és az entrópia növekedésével fogalmazzuk meg? Származik-e ebből hasznunk? Igaz-e, hogy aki nem tudja az entrópiát, az fontos dolgot nem tud?

Fiz: Ez a legrobosztusabb természettörvényünk, minden cselekedetünket meghatározza, mert megszabja a változások, folyamatok irányát és lehetőségét. Mint már említettem a mérnököknek, fizikusoknak az entrópia egy fontos eszköz, szerintem a kérdésed arra vonatkozik, hogy vajon igaza volt-e Snow-nak, amikor ezt hiányolta.

Fes: Igen, mert azt értettem meg eddig, hogy a II. főtétel olyan természettörvény fogalmaz meg, aminek a valóságban való megjelenését mindenki tudja, aki nem, az várhatóan rövid életű lesz, vagy állandó felügyeletet igényel. Miért nem elég ez? Miért kell még a matematikai elméletet, és az entrópiát is ismerni.

Fiz: Mert így egyszerűbb. Vegyük számításba, hogy az emberi tevékenységnek mindig van egy természeti, valóságos materiális oldala. Az entrópia teszi lehetővé az irreverzibilis jelenségek megértését és matematikai elméletének kidolgozását ami egyszerűsíti annak tárgyalását, illetőleg mérhetővé –számszerűsíthető teszi a természeti korlátokat.

Fes: Most már két kérdésem is van. Miért hívod termodinamikának ezt a fizikai diszciplínát, hiszen nem csak a név által sugallt hővel, hanem tulajdonképpen minden természeti jelenséggel foglalkozik.

Fiz: A termodinamika szónak történelmi magyarázata van. A technikai fejlődés csúcspontját a XVIII. század végén a XIX. század elején a gőzgép jelentette. A termodinamika kialakulásában alapvető fontossága volt a termikus jelenségek magyarázatának. Helytelen azonban hőtannak fordítani. A termodinamika nemcsak a termikus folyamatokkal foglalkozik. Helyesebbnek tűnik az irreverzibilis folyamatok megközelítés. Az eltűnő különbségek irreverzibilitást jelentenek, hiszen az ellenkező folyamat a növekvő különbségek megjelenése magától nem mehet végbe. A valóságos, ember léptékű folyamatok mind irreverzibilisek. Csak a gondolat kísérletek lehetnek reverzibilisek.

Fes: A másik kérdés az, hogy érteni vélem, hogy az érthető tapasztalatot fogalmazzuk meg a matematika nyelvén az entrópiával, de ha az entrópia számértékét nem érdemes meghatározni meg, és nem is jelent semmit önmagában, akkor miért is beszéljünk róla. Igazából csak a változása meghatározott, hisz reális folyamatban mindig nő. Nem lehet egy másik, érthetőbb mennyiséget bevezetni, hasonlóan a szeméskékhez. Akik az entrópia mellett az ektrópiát is használják. És mondjuk az egyensúlyhoz való közeledést az egyensúlytól mért távolsággal jellemezni. Legyen ez az ektrópia csökkenésével leírni a világot. Ha az a természettörvény, hogy minden az egyensúlyi állapothoz tart, akkor miért nem lehet az egyensúlytól való távolságot jellemezni inkább.

Fiz: Lehet, és ez az ektrópia. A fizika korábban az egyensúlyi rendszerek leírását tekintette elsődleges feladatának. Azt gondolták, hogy az egyensúly egyszerűbb, és így nem volt szükség a nemegyensúlyiság jellemzésére, hiszen az általad javasolt egyensúlytól való távolság zérus, ha a rendszer egyensúlyban van.

Fiz: Az ektrópia a jövőbeni változásokat, a lehetőségeket. Ha egy rendszer egyensúlyban van a környezetével, tehát nem különbözik tőle, akkor az ektrópiája zérus. Minél nagyobb az eltérés, annál nagyobb az ektrópia. A II. főtétel tartalma

az is, hogy ha nem a lehetőségeinkkel élünk akkor az extrópia magától is eltűnik, hisz Gaia csak egy bizonyos mennyiségű extrópiát bocsát rendelkezésünkre. Ha nem használjuk fel mind, akkor szegényebbek leszünk annál mint amit lehetőségeink biztosítanak, ha pedig többet használunk fel –de ez csak rövid távon lehetséges- akkor a jövőnket fogyasztjuk, tehát a jövőben leszünk majd szegényebbek. Minden valódi változás, minden reális folyamat extrópia disszipációt jelent. Az extrópia mindig csökken. Ha eszünk, ha alszunk, ha termelünk, ha fogyasztunk, ha takarítunk, azaz, ha csinálunk valamit, ennek ára az lesz, hogy extra extrópia csökkenés lép fel. Az extrópia teljes mennyisége ténylegesen csökken az átalakulási folyamat alatt, de új formák is (vagyis magasabb rendezettség) megjelenhetnek. Nem igaz az, hogy struktúra a II. főtételnek ellentmondóan keletkezik. Éppen ellenkezőleg, ez a törvény felelős az élet létezésért és a rendezett struktúrákért az Univerzumban Amíg a rendszernek van extrópiája, addig a rendszer nem halott, valami történik benne. A hajtóerő, a folyamatok irányát megszabó természettörvény az extrópia csökkenése. Mindaddig lesznek változások, amíg az extrópia nagyobb, mint zérus. Az extrópiatörvény tehát nem egyszerűen a pusztulás törvénye. Olyan, mint Shiva, a hindu isten: mind a pusztulásért, mind a teremtésért felelős. Jó, mert biztosítja a változások, és így a fejlődés lehetőségét. Rossz, mert minden megtörtént esemény egyben a további változások lehetőségének csökkenése. Miatta lettünk, miatta vagyunk, és miatta tűnünk el.

Fes:Az új képem címe már optimistább lehet, Bizzál a jövőben, és gazdálkodj a zöld extrópiával. de mi pontosan az extrópia?

Fiz: Talán egy hasonlat segít. A XIX. Századtól kezdve találunk olyan műveket, amelyek a természettörvények és a gazdasági folyamatok kapcsolatát hangsúlyozták, de az uralkodó nézet az marad, hogy a természeti hatások lényegtelenek. A termodinamikai törvényszerűségek gazdasági jelentőségét elsőként Nicolas Georgescu-Roegen fogalmazta úgy meg, hogy hatása is lett. Georgescu-Roegen a két főtételt az alábbi szemléletes példával illusztrálta.

delta. Az energia megmaradása izolált rendszerben:

Képzeljünk magunk elé egy homokórát! Zárt rendszerrel lévén szó egyetlen homokszem sem juthat be, illetve hagyhatja el az üvegtartályokat. A homokszemek száma állandó, egyetlen szem sem keletkezik vagy semmisül meg az órán belül. Mindez a termodinamika első főtételéhez hasonlítható: anyag vagy energia nem teremthető, illetve nem semmisíthető meg. delta. ábra - homokóra

2. Változások

Noha a homokszemek száma állandó, azok eloszlása mégis folyton változik: az alsó tartály feltöltődik, a felső pedig kiürül. Ez a második főtételhez hasonlatos, miszerint az entrópia (az alsó tartályban a homokszemek száma) állandóan növekszik, de mondhatjuk azt is, hogy a felső tartályban lévő homokszemek száma mindig csökken- ez lesz az extrópia). A felső rész homokszemei munkára foghatók, mint a víz a vízesésben. Az alsó tartály homokszemei viszont elvesztették hadrafoghatóságukat. Az entrópia nő (a lenti homokszemek száma), és egy idő múlva leperreg a homok, leáll a homokóra.

A világra ez azt jelenti, hogy ha minden különbség eltűnik, maximális lesz az entrópia vagy nulla lesz az extrópia, akkor „leáll” a világ- ez a hőhalál elmélet. Az egész világra vonatkoztatva azt mondhatjuk, hogy a pillanatnyi ismereteink alapján ez az állapot delta0⁸⁹ év múlva következik be, összehasonlításként a világegyetem életkora delta3 delta0⁹ év.

A Föld azonban nem izolált rendszer, nem egy zárt homokóra. 5600 C hőmérsékletű sugárzás formájában A napállandó az a számérték, amely megadja, hogy átlagos Föld-Nap távolságban, a légkör felső határán, a sugárzás haladási irányára merőleges egységnyi felületre időegység alatt mennyi energia esik. Ma elfogadott átlagos értéke $\Delta 353 \text{ W/m}^2$. Mivel a Föld a Nap körül ellipszispályán kering – melynek egyik gyújtópontjában van a Nap – ezért a Nap-Föld távolság folyamatosan változik, így a napállandó is $\Delta 307 \text{ W/m}^2$ és $\Delta 398 \text{ W/m}^2$ között változik az év során. A napsugárzás intenzitása a légkörön való áthaladásakor csökken: a légkör alkotórészei részben elnyelik, részben visszaverik és megtörik a sugárzást. A légkör sugárzáscsökkentő tulajdonságát a homályossági tényezővel jellemzik, amely megadja, hogy a légkör a sugárzás mekkora részét engedi át. A homályossági tényező tapasztalati, tájékoztató értékei a következők:

zavartalan természet, tenger: 0,6-0,7,
mezőgazdasági terület, falu: 0,4-0,5,
kis- és közepes város: 0,3-0,4,
ipari környezet, nagyváros: 0,2-0,3.

Sajnos a homályossági tényező egyre romlik: Budapesten $\Delta 965$ -ben 0,4-et, $\Delta 993$ -ban viszont már csak 0,25-t mértek. A bejövő napenergia sorsa vázlatosan a 2. ábrán látható.

A 2. ábrának megfelelő homokóra nem zárt, hanem be és ki áramlik benne a homok, amint ezt a 3. ábra mutatja. A Föld homokóra modelljében a homokszemek száma (az energia) állandó – ugyanannyit sugárzunk ki a világűrbe $\Delta 7$ fokon, mint amennyi bejön 5600 fokon. A lent lévő homokszemek száma is közel állandó, a Föld entrópiája lényegében nem változik. Számunkra a bioszféra és a gazdaság a fontos. A homokórában ez úgy képzelhető el, hogy kis homokkerekek a lepergő homok energiáját átalakítják, és fölemelnek súlyokat. Az ember a lepergő homokszemek és a manók által felvitt csomagocskák energiáját hasznosíthatja (ezek a megújuló energia források) és azokat, amelyeket a manók korábban tettek fel (nem-megújuló energia források). Az lent lévő homokszemek mennyiségét az entrópia méri. Az ábráról leolvasható, hogy számunkra a még le nem esett homok mennyisége a fontos. A fent lévő homokmennyiségét jellemző mennyiség az extrópia.

A továbbiakban elemezzük, majd a tulajdonságait és kiszámíthatóságát..

2.2. A természet törvényei

A természeti törvényekről és arról, hogy engedelmeskedünk-e nekik, nem dönthetünk. A természeti törvények érvényessége minden döntéstől függetlenül adott. Egy természeti törvényt kifejező állítás, ha igaz, az emberi döntésektől független tényezők teszik igazzá.

A természeti folyamatok és a gazdasági változások közös jellemzője az irányultság. Jellemző ez egy irányúság, a folyamat fordítva nem mehet végbe, azaz a természetnek preferenciái vannak. Jobban szereti az egyensúlyt, igyekszik a különbségeket csökkenteni. A hőmérséklet különbség magától nem nő. A hő nem megy hidegebb helyről a melegebbre, kivéve például a hűtőszekrényt. A helyes megfogalmazás A hő nem megy magától a hidegebb helyről a melegebbre. A magától itt azt jelenti, hogy nincs valamilyen munkavégzés – mechanikaival (dörzsöléssel) bármit felmelegíthetünk, hasonlóan az elektromos munkavégzés működteti a hűtőszekrényt. Ez az ősi tapasztalat azért kapta a II. főtétel elnevezést, mert elfogadásával egy

matematikai leírását adhatjuk a természeti folyamatoknak. A fizikának ez a fejezete a termodinamika.

A világot mindenki leképezi, és a nyelv segítségével a leképezéseinket össze tudjuk hasonlítani. A világról alkotott képek összehasonlításának alapja az, hogy elmeire bontjuk a körülöttünk lévő univerzumot, és az egyes elemeknek nevet adunk. Ezeket az elemeket a továbbiakban rendszernek nevezzük. Tehát minden rendszer, ami eléggé egyedi ahhoz, hogy nevet adjunk neki. Rendszer a toll, amivel írok, rendszer az az asztal, amin írok – de én is rendszer vagyok – és a kéziratom is egy rendszer. A rendszer – azaz a név – feltétele, hogy a kiválasztott elem azonosítható legyen, azaz elkülönüljön a környezetétől – megkülönböztethető legyen.

A rendszer szó használatának eredete visszanyúlik a görögökhöz. A fogalom jelentésének kettőssége már ekkortól megfigyelhető. Egyfelől a rendszer egymással “belülről” illeszkedő elemekből áll, belső rendet fejez ki, azaz magukból a dolgokból fakad az összekapcsoltság. Másfelől viszont jelen volt az az elképzelés is, ami szerint a rendszer valamiféle “különbözőség”. Eszerint a kapcsolat nem magukban a dolgokban van, hanem ezeket a külső megfigyelő alkotja meg. Ez a kettősség a XX. századi rendszerelméletekben a “reális” és “analitikus” rendszerfogalom szétválásában jelentkezik. Reális rendszerfogalomnál a rendszerek a valóságban léteznek, az analitikus rendszerfogalom használói a rendszerre mint az elmélet által előállítottokra tekintettek.

A rendszereket két fő csoportba osztjuk: materiális (természeti) rendszerek-megfogható, reális létező dolgok – jellemzőjük, hogy térbeli kiterjedésük (térfogatuk) és tömegük van. Nem-materiális rendszerek – például a jogrendszer, vagy a gazdasági rendszer- amely a gazdasági javak (materiális javak) termelésével és elosztásával foglalkozik.

2.3. A rendszerek leírása

Tapasztalat, hogy a világ egyszeri és megismételhetetlen – nem léphetünk kétszer ugyanabba a folyóba, de a név használat maga is mutatja, hogy a szokásos emberi megkülönböztetés szinten a materiális rendszerek megismételhetőek. A megismeréssel együtt járó névadás a különbségek azonosítását jelenti. Gondoljunk arra, hogy gyerekként először minden férfi papa volt, és minden állat „vau-vau”. A névadást kell most formalizálni. Miként lehet eldönteni azt, hogy mikor azonos két rendszer, mikor azonos a nevük – esetleg jelzőkkel módosítva. Ez az a kérdés az, amit a közgazdaságtan eddig nem kérdezett, és a fizika is, mint trivialitást kezeli, hogy a valóságos rendszereknek milyen modelljét használjuk.

Az azonosság kritériuma megadható. Az A és a B rendszerek azonosak, ha azokat azonosan állítottuk elő és azonos a várható jövőbeli viselkedésük. Két állapotot nem különböztetünk meg, ha az előállításukra vonatkozó adatok megegyeznek, vagy ha a jövőre vonatkozó predikcióik megegyeznek.

A rendszer állapotát az állapotjelzőkkel adjuk meg. Állapotjelzőknek nevezzük a rendszeren (egy adott pillanatban) megfigyelhető, mérhető mennyiségeket. Az állapotjelzők kiválasztása természetesen függ a megkülönböztetésünk szintjétől. Kiválasztásuk a tapasztalat alapján és - amíg nincs kialakult leírás - próbálgatással történik.

Például, ami kicsi, piros és kerek az az alma. A fizikai (tudományos) tárgyalásnál mérhető mennyiségekkel, és így ezen mennyiségek értékeivel jellemezzük a rendszert. Például delta liter delta5 fokos víz.

Egy prediktív erejű matematikai elmélet szükséges feltétele a megfelelő állapotjelző sorozat léte és ismerete. Az állapot azonosság hármasság meghatározottsága (a múlt, a jövő, a jelen) a bizonyos mértékben önkényesnek tűnő és általános rendszer fogalmat leszűkíti. Az ennek eleget tevő rendszerre bevezetjük a koherensen definiált rendszer fogalmát. Koherensen definiált rendszerekben az állapot egy állapotjelző sorozattal adható meg. Az egyes állapotjelzőknél most csak az azonosság és nem azonosság eldönthetőségét követeljük meg. A matematikai jelölés ellenére az azonosság és a nem azonosság eldönthetősége még nem jelenti a mérhetőséget: jelenthet verbálisan megfogalmazott tulajdonságot is. (A dinnye lehet “édes, hamvas, zöld...”.) A metrikusság, pontosabban a skálázhatóság ennél erősebb követelményt, a rendezést jelenti, azaz a $<$ és a $>$ relációk értelmezhetőségét és tranzitivitását. (A dinnyénél ilyen például a súly, a szárazanyag tartalom stb.). Amikor az állapotjelzők skálázhatóak, akkor az állapotjelzés metrikus. A fizikai állapotjelzők általában metrikusak, de a gazdaságban gyakoriak a nem metrizablek, de rendezhető paraméterek (ilyenek például a tudás, a technológia). A rendezés ilyenkor “szubjektív”, függ a rendező elvtől.

A tudomány feladata a változások leírása, megjósolása- ezért a cél a rendszerek időbeli változásainak megadása.

Először a materiális rendszerek általános (közös tulajdonságait vizsgáljuk. A tipikus jellemzők, a hely (hol van a rendszer), a sebesség, a lendület (régiben az impulzus), a térfogat, tömeg, hőmérséklet, nyomás, összetétel (a benne lévő atomok száma – még kényelmesebb a kémiai összetétel – a különböző molekulák száma), a koncentráció, elektromos feszültség, elektromos töltés.

A felsorolt jellemzők a viselkedésük alapján 3 csoportra oszthatóak:

- Intenzív mennyiségek- ilyen a hőmérséklet, a nyomás, a sebesség, a feszültség (amit már mindig különbségként vezetünk be), és a koncentráció, a gazdaságban az ár. A közös jellemző, hogy a különbségek eltűnnek vagy nőnek. A növekedés azonban mindig külső (más) hatásra történik. Tapasztalatunk, hogy a sebesség különbség két érintkező rendszer között csökken, kivéve ha valamilyen külső erő mozgat. Az a rendszer, amelyben nincsenek különbségek, nem változik- azaz egyensúlyi rendszer.

0. főtétel: tranzitivitás tétele Ha A rendszer termodinamikai egyensúlyban van C rendszerrel, és B rendszer is termodinamikai egyensúlyban van C rendszerrel akkor ebből következik, hogy A és B rendszer is termodinamikai egyensúlyban van egymással.

Minden különbségre igaz, hogy ha csak az az egy van (és nincs más hatás), akkor csökken, de a különbségek átalakulhatnak egymásba. A feszültség különbség hatására elektromos áram folyik, amelyik melegíti a drótot, és így hőmérséklet különbség keletkezik. Mi történik a különbségek csökkenésekor?

A különbségek egy jelentős része úgy csökken, hogy valami átadódik az egyik rendszerből a másikba. A nyomás különbség térfogatváltozással csökken. A koncentráció különbség anyag átadással tűnik el. A feszültség töltés átadással tűnik el, A hőmérséklet különbség hő átadással csökken le.

- Extenzív mennyiségek - az átadódó mennyiségek. A megmaradó (nem teremthető és eltüntethető) mennyiségek mellett vannak olyanok is, amelyek termelhetőek és/vagy fogyaszthatóak. Például az atomok száma, ha magreakciók is lehetnek. A megmaradó és a forrással/nyelővel rendelkező mennyiségeket együttesen extenzív

mennyiségeknek nevezzük. Az extenzív mennyiségek változása mérlegegyenlet formájában írható fel.

- Egyebek -

2.3.1. A természet leírása - mérlegegyenletek . A mérlegegyenletek a rendszerek jellemzésére először a gazdaságban jelentek meg a kettős könyvvitelben. A mérlegek készítése a gazdaságban már régóta megjelent, a könyvvitelről elsőként Benedetto Cotrugli írt delta458. évben, de könyve nyomtatásban csak delta573. évben jelent meg. . A világ első számviteli témájú könyve Luca Pacioli olasz szerzetes nevéhez fűződik, aki delta494-ben megjelent művében így fogalmazta meg célját: „a kereskedő mindig késedelem nélkül tudjon tájékozódni eszközeinek és kötelezettségeinek állásáról.” Luca Pacioi delta445-ben született Borgo San Sepolcrobán, Toszkánában és delta5delta7-ben halt meg Velencében. A ferences rendbe is belépett matematikus több jelentős tudományos munkát jegyez, de nevét ma főleg a könyvelőirodákban ismerik, hiszen ő alkotta meg elméletben az eredetileg velencei módszernek nevezett, ma kettős könyvelésként ismert költség elszámolási metódust. Pacioli vándor matematikusként érkezett Milánóba a Pó-menti nagyváros hercegének, Lodovico Sforzának az invitálására. Itt ismerkedett meg Leonardóval, akit matematikára tanított, és akivel számos közös munkában vett részt. delta499-ben is együtt menekültek a városba nyomuló XII. Lajos francia király csapatai elől, aki pártfogójukat is eltávolította a város éléről, megszüntetve ezzel a Sforzák néhány évtizede tartó – majd később folytatódó - uralmát.Szabó Katalin (Dr., Szabó Katalin: A kettős könyvelés diadala. Népszabadság, delta997. április 30.) szerint a kettős könyvelés: a főkönyv a „haladás, az emberi ráció, a gondos számvetés és rendszeres gazdasági gondolkodás eszköze", jelentőségében felér „Galilei és Newton felfedezéseivel". A főkönyv — amelyben a kétszerkettő mindig négy — tette lehetővé a „tőkésvállalat" létrejöttét.

. A mérlegegyenlet szerkezet olyan egyszerű, hogy már a gyerekek is észreveszik, hogy ha hibásan írjuk fel.

$$(2.3.1) \quad DX = J + F$$

Ahol DX az X mennyiség megváltozása egy adott időintervallumban, J az áramok eredője (a bejövő és a kimenő mennyiség eredője) míg F a rendszeren belüli forrásokat írja le.

5.ábra mérleg.doc

Mire írhatunk fel ilyen mérlegegyenletet? Mindenre, ami anyagi, materiális. Vannak nem materiális dolgok, amelyek additívnak tekinthetők és mérleg is készíthető. Bizonyos értelemben a pénz is ilyen, de az információ, a tudás is nem materiális, de extenzívnek tekinthető.

Mire írhatunk fel ilyen mérlegegyenletet? Mindenre, ami anyagi, materiális. Vannak nem materiális dolgok, amelyek additívnak tekinthetők és mérleg is készíthető. Bizonyos értelemben a pénz is ilyen, de az információ, a tudás is nem materiális, de extenzívnek tekinthető.

A mérlegegyenlettel rendelkező mennyiségek még további csoportba oszthatóak, Egy részükre igaz, például a térfogatra, és a töltésre, hogy van természetes hajtóerejük. A töltés (elektromos) áramnál a feszültség (elektromos potenciál különbség), a térfogat változásnál a nyomás különbség. Impulzusnál a sebesség különbség. A

termodinamikában extenzív paramétereknek hívjuk azokat az additív, mérlegegyenlettel rendelkező mennyiségeket, amelyekhez rendelhető egy természetes hajtóerő.

Nem minden felsorolt additív jellemző extenzív paraméter. Például a betűk száma a könyvben, additív, a nyomtatást bejövő betűáramként értelmezve értelmes mérlegegyenletet kapunk. Azonban a nyomtatási folyamat hajtóereje – nem a betűszám változtatása, hanem ott a hajtóerő egy gazdasági érdek, és ennek csak mellékes következménye, a betűszám változása.

A termodinamikai leírásban a rendszerek kölcsönhatását az extenzívek áramaival jellemezzük. A legfontosabb mérlegegyenletek: -a tömegmérleg, amely a tömegmegmaradást fejezi ki - a töltés mérleg, amely a töltésmegmaradást fejezi ki - impulzus mérleg, amely az impulzusmegmaradást fejezi ki - energia mérleg, amely az energiamegmaradást fejezi ki. - A második főtétel, a természeti folyamatok irreverzibilitása az entrópia vagy az exergia illetőleg extrópia mérleg formájában írható fel.

A kérdés az, hogy miért vannak mérlegek? A válasz helyett inkább próbáljunk elképzelni egy olyan világot, ahol a tömeg, a térfogat, az impulzus, a töltés úgy változik, ahogy akar – szabadon teremthető és eltüntethető. Ez nem a mi világunk. A fizika más részeiben a világról (az Univerzumról), illetőleg a világ modellünkről feltesszük, hogy bizonyos szimmetriatulajdonságokkal rendelkezik, és ebből a feltételből az energia, impulzus megmaradás levezethető.

2.4. A gazdagság változása – a megmaradási törvények - A pék példája

A gazdaság a jóságok áramlása, termelése és fogyasztása. A jóságok lehetnek materiális javak, ezenkívül a pénz, a munka és információ (tudás). A gazdasági jóságok közül a materiális javak legfontosabb jellemzője, hogy nem teremthetők. Csak cserével, termeléssel vagy fogyasztással változik a mennyiségük. Itt termelésnek hívjuk, amikor munka felhasználásával állítjuk elő a javakat, ebben az értelemben a gyűjtögetés és a bányászat is termelés. A materiális javak és a pénz additív mennyiségek, Két rendszer egyesítésekor összeadódnak, vagyis az új rendszerre jellemző értékük az eredeti rendszerekre jellemző mennyiségek összegeként áll elő.

A könyvvitel, számvitel a javakat pénzben értékeli, a fizikai egységekben történő mérleg felírást nem tartják "gazdaságosnak", a várható eredmény nincs összhangban a mérleg készítés költségével. Pedig a fizikai megmaradási törvények még szigorúbbak, mint a gazdaságiak. A természet a legszigorúbb könyvelő és a termodinamikai mérlegek (anyag, energia, extrópia vagy exergia) lényeges információkat adnak. Az anyag (tömeg) mérleg viszonylag egyszerűen megadható, és kiszámolható a MIPS jellemző (anyag intenzitás)/szolgáltatás. Általában elvárhatjuk, hogy minél kevesebb anyagmennyiséggel állítjuk elő a szolgáltatást, annál kevésbé károsítja a környezetet – ez nem szigorúan igaz, hanem tendenciaszerűen. A kémiai komponensekre felírt mérleg hasznos segítség lehet, a környezetkárosító hulladékok azonosításában. A modern ökológiai közgazdaságtanban már a gazdasági folyamatok materiális oldala is megjelent, egyre szélesebb körben vizsgálják a materiális mérlegeket.

A gazdasági egység gazdasági jellemzéséhez vegyünk egy konkrét szereplőt, a sarki péket. Feltesszük, hogy a tulajdonosnál a családi és az üzleti költségvetés teljesen elkülönül. (A nyereségből utal át a családi kasszába). A gazdagságát

leíró leltár tartalmazza az ingóságokat és ingatlanokat, az álló és fogyóeszközöket, alapanyagokat, késztermékeket. Az üzlet pénz mennyiségét, és a szellemi tőkét, (szaktudás, know-how, kiépített klientúra). A fenti lista elemeinek egy része üzleti titok, ezért csak nehezen hozzáférhető, és így nem is közlöm a pék pontos adatait. Hanem egy részletet egy lehetséges leltárból.

Leltár:

Kemence 3 db
liszt delta 5 q
kenyér 200 kg
kifli 200 db
Élesztő 2 kg
pénz delta 000 000 Ft

A teljes leltár (a szellemi tőkével együtt) már egyértelműen jellemzi a pék gazdasági állapotát, ha nem akkor a leltár nem teljes. A leltár tételeinek változása visszatükrözi a pék gazdasági állapotának változását. A leltár elemei mérhetőek, de csak egy összesítés adhat gazdasági értékelést, mivel két különböző pék leltári tételei sok mindenben eltérnek egymástól, és ezért általában eldönthetetlen, hogy melyik a "jobb".

Az összehasonlítás érdekében egy leltár általában árral szorozva tartalmazza a tételeket, mert így az egyes elemeket össze lehet adni, viszont az ár meghatározás önkényessége miatt a fenti eljárás nem adhatja meg egyértelműen a pék vagyont, a szorzó tényezők időben és térben változnak. Emiatt tekintjük a vagyont (gazdagságot) nem mérhetőnek gazdasági értelemben. Részlet a vagyon leltárból

Megnevezés Érték
Kemence delta 000 000 Ft
liszt delta 50 000 Ft
kenyér 20 000 Ft
kifli 20 000 Ft
élesztő 2 000 Ft

... ..

A teljes leltári érték: 2delta 234 567 Ft.

A végső szám a fontos jellemző. A fizika még több mennyiséget is javasol a leltár tételeinek aggregálására. Első ránézésre a fizikai mérőszámmal történő jellemzés nem adhat semmiféle többlet információt. Ez igaz is, ha csak a leltárt nézzük és csak egy pillanatban. A változások azonban egyszerre fizikai és gazdasági változások. A készlet tömeg változások vizsgálata a kettős tárgyalásmódban a tömegmegmaradás kritériumát építi be a gazdasági leírásba. A szokásos, tisztán gazdasági leírásban elhanyagolt jelenségek vezetnek el a gazdasági folyamatok kormányzó elvéhez.

2.4.1. A tömeg megmaradás szerepe a gazdaságban. A termodinamika I. főtétele általános alakjában azt mondja ki, egy fizikai rendszerben vannak megmaradó mennyiségek, amelyek csak úgy változhatnak, hogy más rendszerrel való kölcsönhatás eredményeként átmennek az egyik rendszerből a másikba, vagy más formába alakulnak át. A legfontosabb megmaradási tételek az energia megmaradás, a tömeg megmaradás, az atomok számának megmaradása.... A felsoroltak mind igazak a készletekre is, mint fizikai rendszerekre. A legkönnyebben megvalósítható (mérhető) a készletek tömegének mérése.

A szellemi terméket és a pénz kivételével a leltár elemei "megfogható" anyagi objektumok. Fizikai rendszerek, amelyek változására a fizika törvényei vonatkoznak. A fizikai megmaradási tételek még a gazdasági könyvelőknél is szigorúbbak. A megmaradási törvényt soha semmilyen tevékenység nem sértheti meg. A fizikai objektumokra érvényes törvények megszorításokat adnak a lehetséges gazdasági változásokra. A fizikai megmaradó mennyiségek közül legkönnyebben a tömeg mérhető. A folyamatok legszigorúbb főkönyvelője a tömegmegmaradás törvénye. Tömeg nem vész el és nem alakul át mássá (normál gazdasági folyamatban az energia-tömeg ekvivalencia hatásától nyugodtan eltekinthetünk). Készítsük el az anyagi javakra vonatkozó leltárt úgy, hogy minden tételnél az összes tömeget határozzuk meg.

Kemence 6 000 kg

liszt δ 000 kg

Kenyér 200 kg

kifli 200 kg

Élesztő δ kg

A pék tulajdonában lévő javak tömege: 2δ 654 kg

A pénzben kifejezett leltári értékhez hasonlóan a birtokolt teljes tömeg mennyiség ugyan arányos lehet a gazdagsággal, de nem méri azt. Ha hasonló típusú pékségekről beszélünk, akkor az alacsony teljes tömeg inkább a szegényebb pékséget jelenti, és van egy M_0 kritikus összes tömeg, amely alatt a pékség -mint pékség - nem működhet. Hasonlóan, van egy kritikus felső tömeg, ami fölött már nem pékség, hanem kenyérgyár.

2.4.1.1. A változások leírása tömeg reprezentációban . A tömeg megmaradás azt jelenti, hogy tömeg a pékségben nem keletkezhet és nem tűnhet el, csak úgy változhatnak, hogy más rendszerrel való kölcsönhatás eredményeként át mennek az egyik rendszerből a másikba, vagy más formába alakulnak át. Matematikai formában is felírható. Válasszuk ki a vizsgálat kezdő időpontját (t_1), és a befejezésének időpontját (t_2), és N_k jelölje az üzletben lévő kenyér mennyiségét, ekkor a t_2 időpontban a pékségben lévő összes kenyér mennyisége megegyezik a t_1 pillanatban az üzletben lévő kenyér tömege (J_k) plusz a változások, azaz a más rendszerbe átmenő (onnan jövő) kenyér mennyisége és a belső átalakítások (termelés) S_k eredőjével

$$N(t_2) = N(t_1) + J_k + S_k$$

a J_k -t a rövidség kedvéért áramnak nevezzük. $J_k > 0$, ha a pékség mástól kényeret, ez lehetséges, ha mástól is vásárol.

Gazdasági tevékenység nélkül a készletek változását a természeti törvények határoznák meg, Az összes feldolgozott, megmunkált, .. készlet mennyisége folyamatosan csökkenne,. Egy idő múlva a készletek teljes mennyisége a kritikus szint alá csökkenne. és néhány millió év múlva, már csak némi nyoma maradna az emberi civilizációnak. Az ország megszűnne létezni, vagy legalább is nagyon megváltoztatná aktivitási jellegét. Erre a történelemben több példát is láthatunk, jó példa lehet erre a vörös Khmer uralom Kambodzsában vagy a Húsvét szigetek civilizációjának eltűnése.

A gazdasági szereplőnek fogyasztania kell az életben maradáshoz. A minimális fogyasztást a gazdasági szereplő jellege határozza meg. Ehhez egy minimális készletnek mindig rendelkezésre kell állni. Hasonló törvényszerűség fogalmazható meg az egyes gazdasági szereplőkre is. A pék csak maradhat a pékség tulajdonosa, ha

az általa birtokolt anyagi javak tömege a kritikus határ fölött van. A természeti és a társadalmi folyamatok mindig csökkentik az össz tömeget. A kereskedelemben és termelésben ha egyes készletek tömege növekszik, akkor mindig van egy másik készlet, amelynek tömege (vagy mennyisége a pénznél) csökken. A pék esetén nem találunk olyan folyamatot, amikor csak tömegnövekedés lenne. A teljes gazdaságot nézve a mezőgazdaság és a bányászat az, amely a gazdaságban megjelenő anyagok (készletek) tömegét növelik.

2.4.1.2. *Gazdasági imperatívusz.* Ha a pék akar maradni, akkor gazdálkodnia kell. Kövessük nyomon a pék tevékenységét. Kiinduló állapotban legyen Δ_0 000 kg lisztje, 0 kg kenyere és Δ_0 000 forintja. (A leltár többi elemének változásától most eltekintünk.)

1. lépésben a pék tevékenység felhasznál Δ_0 000 kg lisztet, és süt Δ_0 000 kg kenyeret.

2. lépésben eladja a kenyeret Δ_0 Ft/kg áron, azaz kap Δ_0 000 Ft-ot

3. lépésben lisztet vesz Δ_0 Ft/kg áron.

Készleteinek alakulása:

Lépés liszt kenyér pénz

0. Δ_0 000 kg 0 kg Δ_0 000 Ft

1. Δ_0 000 kg Δ_0 000 kg Δ_0 000 Ft

2. 9 000 kg 0 kg 200 000 Ft

3. Δ_0 000 kg 0 kg 90 000 Ft

A pék egy komplett gazdasági kvázi-ciklust csinált, termelt, eladott és vásárolt, kenyérből és lisztből ugyanannyi a készlete, mint a kiinduló állapotban, de a pénze csökkent. Ha még néhányszor megismételné a fenti ciklust, akkor teljesen elszegényedne, és megszűnne, mint pék létezni.

Tegyük fel most, hogy a lisztet is Δ_0 Ft-ért veszi. Ekkor a harmadik lépésben

Lépés liszt kenyér pénz 3. Δ_0 000 kg 0 kg Δ_0 000 Ft

A pék visszaállította a kezdeti állapotot. Ez azonban csak az elhanyagolásaink miatt van. A nem- gazdasági áramok mindig jelen vannak. A fenti ciklus végeredménye, hogy a pék egy vagy több készlete csökkent (és egyik sem növekedett), a pék szegényebb lett. Ilyen körfolyamatot nem végezhet. Ez nem csak a pékre igaz, hanem általános törvényszerűség. Nem lehet veszteséges ciklus. Végezzük el az alábbi gondolat kísérletet:

A gazdasági szereplő a dt időintervallumban csak gazdasági folyamatban vesz részt (kereskedik és termel), nincsenek nem- gazdasági folyamatok. Kezdetben a készletei legyenek

$$N_1(t), N_2(t), \dots, N_i(t), \dots, N_n(t),$$

dt idő múlva a kereskedelem és a termelés megváltoztatja a készleteket, az új mennyiségek

$$N_1(t+dt), N_2(t+dt), \dots, N_i(t+dt), \dots, N_n(t+dt),$$

Legyen a kereskedelem és a termelés úgy megválasztva, hogy

$$N_i(t) = N_i(t+dt) \text{ ha } i = 1, \dots, n-1$$

A ciklust ekkor az n -dik készlet változása jellemzi. Ha

$$N_n(t+dt) < N_n(t),$$

akkor a ciklus negatív, a teljes készlet állomány csökken Ha

$$N_n(t+dt) = N_n(t),$$

akkor a ciklus semleges, a teljes készlet állomány nem változik Ha

$$N_n(t+dt) > N_n(t),$$

akkor a ciklus pozitív, a teljes készlet állomány növekszik.

A nem- gazdasági hatások mindig csökkentik a készleteket. Csak olyan gazdasági szereplő létezik tartósan, amelynél a teljes ciklus hatása pozitív. Különböző módon rövidesen teljesen elszegényedik, és megszűnik, mint gazdasági szereplő létezni.

A gazdasági létezés minimálisan szükséges feltétele, hogy ne lépjen fel negatív ciklus. A ciklus szabad döntésekből (termelés, kereskedelem) és kényszerített folyamatokból áll. Az utóbbiak csak csökkentik a készleteket. Ezért csak az a gazdasági szereplő létezik hosszabb időintervallumban, amelyik a szabad döntéseinél nem választ olyan lépést, amely veszteséget termel. A veszteség elkerülési szabály a gazdasági létezésnek csak szükséges, de nem elegendő feltétele. Az elegendő feltétel az, hogy a gazdasági folyamatok eredménye kompenzálja a nem- gazdasági folyamatokban szükségszerűen fellépő készlet csökkenést.

2.4.1.3. A veszteség elkerülési szabály. A veszteség nélküli gazdasági kváziciklus a túlélés abszolút szükséges feltétele, ez az a minimális racionalitás, amellyel egy gazdasági szereplőnek rendelkeznie kell. Röviden összefoglalhatjuk, hogy mivel a természet és a társadalom az egyén számára a maximális kiszűrés elvén működik (csak gazdagság csökkentő hatásaik vannak, ezért csak az a szereplő maradhat fenn, aki képes saját érdekeit megvédeni, és nem csinálni negatív ciklust. Amint emlegettük, ez a túlélésnek (létezésnek) csak szükséges, de nem elegendő feltétele, de ennek a minimális racionalitásnak nagyon fontos megszorító hatása van a gazdasági viselkedésre, és így megadja egy matematikai közgazdaságtan alapjait.

A ciklus jellemzője, hogy a valóságban ritkán fordul elő ilyen kvázi komplett ciklus. A ciklus egyes elemeinek megfelelő lépések különböző időben (egymás után) mennek végbe, ezért a döntés (a kiválasztás) nem történhet a teljes ciklus értékelésével, hanem csak annak elemeit lehet értékelni. A túlélés megköveteli, hogy az egyes elemi lépéseknél a gazdasági szereplő képes legyen annak eldöntésére, hogy a tevékenység előtti, vagy az utáni állapot a "jobb" vagy „rosszabb” mint a kiinduló állapot, és csak akkor hajthatja végre a lépést, ha az új állapot nem rosszabb, mint a kiinduló állapot. Ezt a feltételt veszteség elkerülési szabálynak hívjuk. Pontosítani kell, egyszer-egyszer a döntéshozó megsértheti a szabályt, de a tartós megsértése elszegényedéshez vezet.

A veszteség elkerülési szabály megköveteli azt, hogy a gazdasági szereplő képes legyen arra, hogy a lehetőségei közül el tudja dönteni azt, hogy a döntés eredményeként létrejövő új készlet mennyiség jobb vagy rosszabb gazdasági állapotot jelent.

A veszteség elkerülési szabály egy olyan minimális racionalitásnak tekinthető, amely már nem is racionalitás. Nagyon keveset követel meg a döntéshozótól, ami körülbelül azzal ekvivalens, hogy esőben álljunk a eresz alá, kivéve, ha azok közé tartozunk, akik szeretnek elázni. Más szavakkal, kerüljük el az elkerülhető veszteségeket

Ez azt jelenti, hogy a túléléshez az értékelés képessége és így az értékek létezése elegendhetetlenül szükséges. Értéknélküli ember nem lehet szabad, nem lehet döntéshozó.

A veszteség elkerülési szabály megköveteli, hogy értékelni tudjunk a gazdasági (materiális) lehetséges állapotokat. Létezik egy, az állapotokhoz rendelhető mérték Z , amely rendelkezik azzal a tulajdonsággal, hogy ha az a állapot jobb nekünk, mint a b állapot, akkor a

$$Z(Xa) > Z(Xb).$$

A Z -t a gazdagság mértékének nevezzük. Ez a gazdagság közvetlenül nem jelenik meg, de a viselkedéseinkből, döntéseinkből meghatározható. Megismerése pedig a gazdasági döntések matematikai elméletéhez vezet. Mielőtt ezt meg tenénk először a II. főtétel és a gazdagság kapcsolatát vizsgáljuk meg- az információ és a gazdagság és az értékek kapcsolatát. Majd a döntésekre vonatkozó törvényszerűségeket vizsgáljuk. Ezek ismeretében tárgyaljuk majd a Z , a gazdagság mérték – tulajdonságait.

2.5. Termodinamika törvényei

Számunkra – a fenomenológikus leírásban – a kérdés az, hogy jellemezhető-e minden rendszer extenzív mennyiségekkel? Minden létező rendszernek van tömege és térfogata- ebből következik, hogy minden reális létezőnek vannak extenzív jellemzői. A kérdés, hogy lehet-e olyan jellemzés, hogy csak extenzíveket választunk független jellemzőknek? (Ha inhomogén a rendszer, akkor az extenzív sűrűségeket?)

A felsorolt termodinamikai extenzívekre az empirikus szabály erősebben is megfogalmazható. A változás (áram) akkor jön létre, ha van valamilyen különbség, és a változás a különbséget csökkenti.

Összefoglalva a mérleg a természet könyvelője, és a különbség csökkenés elve, pedig a folyamatirányító. Minden különbség eltűnéshez rendelhető egy extenzív mennyiség, amelynek árama csökkenti a különbséget? A hőmérséklet különbség eltűnését a hőáram eredményezi, avagy fordítva a hőmérséklet különbség a hőáram hajtóereje. Viszont nem beszélhetünk arról, hogy mennyi hő van egy adott rendszerbe. Egy testet felmelegíthetünk hőárammal, de elektromos árammal is. Melyik az az extenzív, amely árama lehet a hőáram, de változhat a mennyisége elektromos áram esetén is? A válasz az energia. Az energiamegmaradás törvénye szerint egy rendszer energiája csak úgy változhat, hogy más rendszernek ad át vagy onnan kap energiát, és az energiaátadás hőközlés vagy munkavégzés formájában történhet.

A fenti mondattal csak az a baj, hogy az energia és a munka mást jelent a tudósok (a fizika) nyelvezetében és nem felel meg annak, mint ahogy azt a hétköznapi életben használjuk. A munka az ember számára a célirányos változtatást jelenti. Ha munkát végzünk, akkor valamit átalakítunk és elfáradunk. A fizikában a mechanikai munka azt jelenti, hogy egy távolságból erőt fejtünk ki az ellenállással szemben, azaz a munka nem más, mint az erő szorozva az elmozdulással. Ha felemelünk egy nagy tömegű tárgyat egyenesen, akkor a fizika értelmében a tömeggel végzünk munkát. Ha mozdulatlanul megtartjuk egy méter magasságban, akkor a fizika értelmében nem végzünk mechanikai munkát a felemelt tárgyon. Pedig azt érezzük, hogy egyre fáradtabbak leszünk. Az izmaink megfeszülnek, hogy megtartsuk azt a tárgyat, de nem változtatunk a test helyzetén, hanem a változtatást akadályozzuk meg. Ezért a tömeg mozdulatlanul tartása is munkavégzésnek számít emberi szempontból, mert itt ahhoz a szituációhoz hasonlítjuk, hogy nem tartjuk a tömeget-, és az leesik. Fizikában, pedig csak a tényleges elmozdulást nézzük, és ezért nincs munkavégzés. A látszólagos ellentmondás tehát a szemléletmód különbségből származik és ez a körülmények leírásának az eltéréséhez vezet.

Az energia fogalmát is mindenki ismeri, de kevés ember számára érthető mélységeiben. A probléma egyik összetevője az lehet, hogy két (vagy több) különböző tulajdonságú fizikai mennyiséget ugyanazzal a névvel illetünk. A fizika szerint az energia megmarad, a gazdaságban ugyanakkor energiaválságról beszélünk. A látszólagos

ellentmondás oka, hogy a hétköznapi és a fizikai energiafogalom két különböző mennyiséget jelöl. Sajnos a hétköznapi energiafogalomnak megfelelő fizikai mennyiség nem jelenik meg az irányadó termodinamikában, és így az oktatásban sem. Az úgynevezett exergiát, a tényleges munkavégzőképességet és a megmaradó energiát a mérnökök egy része már majdnem ötven éve (delta956 óta) megkülönbözteti. A fenttartható fejlődés problematikájánál már egyértelművé vált, hogy a kérdés érdemi tárgyalásához az exergia a megfelelő eszköz. A tudományegyetemek és az általános-, illetve középiskolai fizikaoktatás rendületlenül kitart amellett, hogy legfeljebb a felhasználható és a nem felhasználható formájú energiáról beszél. "Az energia nem vész el, csak hővé alakul" szoktuk mondani. Ez a megfogalmazás azért ellentmondásos, mert nem ad használható leírást.

A megmaradó energia fogalmára és számértékére csak a szakembereknek van szükségük, de érdemes végigjárni azt az utat, ahogy a tudomány eljutott az energia fogalmához.

2.6. Energia

„ - Anya, az energia az a mennyiség, ami fizika órán megmarad, de biológia órán nem. Ott a Napból jön és elfogyasztjuk."

- Melyik az igaz?

- A kettő nem ugyanaz a mennyiség – mindkettő igaz.

Létezik egy minden jelenséget átható tény – nincs alóla kivétel -amit energia megmaradásnak hívunk. A törvény megfogalmazása szerint létezik egy energiának nevezett mennyiség, amely változatlan marad a változásokban. A természet, mint egy szigorú könyvelő, csak olyan folyamatokat enged meg amely nem változtatja meg az energia mennyiségét. Ahogy az ember pénze csak a bevétel és a kiadás eredőjével változik, egy rendszer energiája is csak úgy változhat, hogy más rendszernek ad vagy attól kap energiát. Az átadott és a kapott mennyiség megegyezik. Nem lehet energiát teremteni. Az energia azonban nem valamilyen folyadék, nem gépezet, nem valami kézzelfogható dolog. Egy elvont eszme, amely a rendszer állapotát, működését jellemzi, és sajnos több jelentése van.

2.6.1. Az energia kifejezés megjelenése a tudományban. Soltész-Szinyei féle Ógörög–magyar szótár szerint az *energeia* szó szótári jelentései: munkásság, tevékenység, erő, erény, életerő. Az en – erg lefordítható, mint „belső” + „munka” és az „eia” mint képesség, így a munkavégző képesség. Azonban Arisztotelész nem ebben az értelemben használta. - Az *energeia* szerepel a Retorikában (3.deltadelta.2), ahol a jelentése „az élettelen megszemélyesítése” metaforákon keresztül. - A Nikomakhoszi etikában aktivitás értelemben jeleneik meg: A boldogság (**eudaimon-a** - eudaimonia:) a lélek aktivitása (**lnerge-a yuq c** –*energeia psuches*) az erénynek/kiválóságnak megfelelően (**reth** –*arete*). (delta099b) - A Metafizikában a folyamatban levés, működésben levés a jelentése. Az arisztotelészi *energeiát* a rómaiak az *actualitas* szóval fordítják le, ami később az *existentia* vagyis a valóság jelentést kapja.

A newtoni mechanikában a mozgási energiát kezdetben *vis viva*-nak hívták. A modern fizikai energia fogalom azonban nem az arisztoteleszi jelentésből fejlődött ki. Az újkorban inkább emberi viselkedésre, pszichológiai jellemzésre használták. Egy delta800-as spanyol értelmező szótárban az energikus vehemensként szerepelt.

A fizikában először Thomas Young (delta773-delta829) javasolta az energia szó használatát a *vis viva* helyett, mert a *vis viva* nagyon sok jelentésű volt már. Nála az energia még mv^2 volt. delta829-ben jelentek meg Gaspard Gustave de Coriolis

(1792–1843) és Jean-Victor Poncelet (1788–1867) dolgozatai amelyek bevezették a munka és az energia szavakat, és a mozgási energia változás és a munka kapcsolatát felírták. Ez még nem a mechanikai energia megmaradása volt, csak a mozgási energia és a munka kapcsolata. A modern energia fogalom Rankine nevéhez fűződik, aki egyesítette a felhalmozott tudást, és bevezette a termodinamikába az energiát, mint munkavégző-képességet.

A munka fogalma viszonylag későn jelent meg a fizikában. A vis viva elméletnél még nem szerepelhetett. A munka alapjelentése értelmében céltudatos, célirányos tevékenység: valamely eredményére elérésére irányuló. valaminek a létrehozására, átalakítására, megváltoztatására szolgál azért, hogy a keletkező javakat az ember használni, hasznosítani, elfogyasztani tudja. A munka jellege, keretei és határfoka a történelem során folyamatosan változott, mivel az ember igyekszik kevesebb fáradtsággal életben maradni, ezért leginkább olyan eszközök előállításával foglalkozik, kicsiny és nagy léptékben, amelyek a munka testi, fárasztó jellegét csökkentik, vagy megszüntetik.

Az absztrakt munka, mint tudományos fogalom a közgazdaságtanban jelent meg először. Adam Smith-nél minden gazdagság forrása a termékeny emberi munka, nem pedig a kereskedelem, mint ahogy a merkantilisták állították, s nem is a természet, ahogyan a fiziokraták vélték. David Ricardo [1772–1823] kidolgozta a munkaérték-elméletet. A fizikában a munka Coriolis és Poncelet munkája nyomán 1829-ben jelent meg. A munka definíciója a fizikában az erő és az elmozdulás szorzata. Ők vezették be a kinetikus energiát, amely a vis viva-hoz képest egy 2-es osztót tartalmaz. A gazdaságban munkának nevezzük az ember (és/vagy gép) által energia (erőfeszítés) kifejtése révén hasznos, rendszerint ellenszolgáltatásért elvégzett különböző tartalmú tevékenységeket.

Az energia, mint a rendszer munkavégző-képessége a fentiek alapján 3 módon értelmezhető: Mennyi munkával lehet előállítani a rendszert egy referencia állapottól (általában a semmiből) – ez a fizikai energia Mennyi a rendszer változtatás képessége – ez az exergia (a későbbiekben pontosan definiáljuk. Mennyi a rendszer célirányos változtatás képessége – gazdasági munkavégző-képesség azaz a használati érték..

A fizika fenti megkülönböztetést nem vette figyelembe. A klasszikus termodinamika csak az első kategóriát tekintette tudományos (fizikai) kérdésnek, a másik kettő külön tárgyalása nem merült fel. Az energetizmus viszont lényegében a második és a harmadik csoportot, mint az első részét tekintette, és mint önálló energiaformát. Vannak olyan esetek, amikor ez megtehető, de nem mindig. A gondolatmenet legnagyobb hátrányos következménye az, hogy megakadályozta hosszú időre a pontos definiálást és így a kvantifikációt.

2.6.2. Az energia fogalom története. Az energia megmaradását csak akkor érthetjük meg, ha megtaláljuk a kapcsolatot a tapasztalataink és a törvény között. A történelmi út végigkövetése megadja a kapcsolatot. A népszerű tudománytörténet szerint az energia-megmaradás törvénye a kalorikum elmélet elleni harcban alakult ki. Ez egy mítosz, ami valószínűleg annak a kérdésnek a lecsapódása, hogy a természet leírása teljesen visszavezethető-e mechanikára. A kalorikum elmélet ezt kérdőjelezi meg. Ezért a hálátlan utókor Lavoisier-t és a kalorimetriát nem úgy interpretálja, mint egy fontos lépcsőfok az energia megismeréséhez vezető úton. A kalorimetriában munkavégzés nélkül vizsgáljuk a jelenségeket (vagy rögzített munkavégzési feltételek mellett az állandó nyomású vizsgálatoknál). Az energia

megmaradás törvénye a hő megmaradását adja, ha nincs munkavégzés. A fizikában azonban a kalorimetria nem a termikus jelenségek kvantitatív elméletének megapozása lett, hanem a konzervatív, visszahúzó erő. Még azzal a véleménnyel is találkozhatunk, hogy a kalorikum elmélet 1789-re visszavetette a fizika fejlődését. Ennek oka, hogy a fizika oktatásunk a Newton törvényekből vezeti be az energiát, és ezt általánosítja. Ez a felépítés elfedheti a természettörvény jelleget.

Egy kis ízelítőt adok a kalorikum elmélet történetéből. A rövid ismertetőből kiderül, hogy a kalorikum elmélet a mai (modern) formájában talán soha nem létezett. Nem volt olyan ember (még fizikus sem), aki a hő-munka átalakíthatóságát tagadta volna. Az energia fogalmunk (és az energia megmaradás törvénye) nem a kalorikum tagadásából, hanem éppen ellenkezőleg, annak a kiterjesztéséből jött létre.

2.6.2.1. Kezdetek. Galileo Galilei, híres olasz csillagász és fizikus készítette az első hőmérőt. Ma, amikor arról beszélünk, hogy a tudomány eredményei mennyire gyorsan mennek át a gyakorlatba, meg kell említeni, hogy a lázmérőt már 1627-ben alkalmazták a test hőmérsékletének meghatározására. A Gyógyszerész lexikon szerint a lázmérő használata egy padovai orvos. Sanctorius nevéhez fűződik, aki úgy gondolta, hogy a test hőmérsékletének változásai különböző betegségek tüneteit jelzik. Az akkori lázmérő elképzeléséhez szükségünk van a fantáziánkra is: a lázmérő egy levegővel teli üveggömbből és egy folyadékkal töltött csőből állt. A beteg az üveggömböt vette a szájába, a hőmérséklet-növekedés hatására a csőben lévő folyadék emelkedni kezdett. Mária Terézia orvosa, van Swieten volt az, aki azon tételt, hogy a test hőmérsékletének változásai különböző betegségek tüneteit jelzik, igyekezett igazolni. Kísérletei során elsősorban egészséges emberek testének hőmérsékletét mérte. Az ember belső hőmérséklete – bár ezt egy különösen meleg nyári napon nehéz elhinni – egyenletes, majdnem állandó. Van Swieten hosszú és fáradtságos munkájának köszönhetően alakultak ki azok a megfigyelések, amelyek tisztázták az egyes betegségek és a hőmérséklet-emelkedések közti összefüggéseket, melyek ma is a betegségek diagnosztikájának alapját képezik.

Robert Boyle (1627-1691) állandó hőmérsékleten végezte a vákuumtechnikai és barométeres kísérleteket. A tudomány fejlődése szempontjából döntő lépés volt a munkája. Kimérte, hogy a nyomás és a térfogat szorzata állandó, azaz a megfigyelt mennyiségek (állapotjelzők) között az anyagra jellemző összefüggés van. Változó mennyiségű higanyal feltöltött U alakú üvegcső segítségével kimutatta, hogy adott mennyiségű és hőmérsékletű gáz nyomásának és térfogatának szorzata állandó. A tudománytörténet érdekessége, hogy Boyle az írásaiban Towneley-re hivatkozik, hogy ő vette észre az eredményt., de a részletes, megbízható kísérleti igazolás Boyle nevéhez fűződik. Mariotte (1620-84) öntötte matematikai formába (Boyle-Mariotte-törvény, 1662).

Ahhoz a felismeréshez, hogy a hőmérséklet fontos jellemző – állapotjelző – nagyon sok munkára volt szükség. Az első fixpont az emberi szájban mért hőmérséklet lett. Newton még ezzel a skálával mérte ki a lehülési törvényt. Később ez lett a Fahrenheit skála 1789 fokja. A hőmérséklet kiegyenlítődés természetes tapasztalat, ez a hőmérő készítés alapja. A kérdés az volt, hogy mi történik meg lehet-e jósolni a közös hőmérsékletet? A nehézséget az okozta, hogy a jelenség komplex. A kvantitatív összefüggést csak akkor tudjuk kimérni, ha biztosítjuk, hogy a hővezetés és a hőmérsékleti sugárzás hatása elhanyagolható legyen.

Hermann Boerhaave nak (delta668 delta738), a leydeni egyetem orvostudományi, kémiai és botanikai professzora volt. Arisztotelész és Descartes nyomán a természet egyik fontos összetevőjének a Tűzet tekintette. Ez a Tűz proto-energiának olvasandó,. Boerhaave szerint a Tűz a változások univerzális oka, minden dologban, még a leghidegebben is benne van. Bizonyíték: A sarkkörön túl is lehet szikrát csiholni. A legnagyobb (legvégső) hideget, amelyben a testből az összes Tűzet kivesszük, el lehet képzelni, de ez a gyakorlatban megvalósíthatatlan így nem érdemes foglalkozni vele. Kimondja a Tűz megmaradásának axiómáját, amely szerint a Tűz nem keletkezhet de novo és valamennyi változásra igaz, hogy a teljes mennyisége nem változik. A Tűz nagyon sokféle módon megjelenik, de egyetlen biztos kimutatása az őt tartalmazó test kiterjedése. A Tűz súlytalannak tűnik. A nehéz anyagok, mint pl. a vas képesek a tűzet visszatartani. A gyújtólencse fókuszában jelentős hő lehet, amely azonnal eltűnik, ha megszűnik a napsugárzás. Megjegyezte azt is, hogy a sűrű folyadékok, mint pl. a higany gyorsabban lehűtik a forró testeket, mint a kevésbé sűrűk, pl. a víz. Itt csirájában megjelenik a hőkapacitás fogalma, azonban Boerhaave érdeklődését inkább a Tűz természete kötötte le, ezt illusztrálja az alábbi gondolatmenete: "Ha két egyenlő mennyiségű, de különböző hőmérsékletű vizet összekeverünk, az eredő hőmérséklet a kettő számtani átlaga lesz. Ha egyenlő térfogatú és különböző hőmérsékletű vizet és higanyt keverünk össze az eredményen nem látszik, hogy a higany tízennégyszer nehezebb, mint a víz. Ahhoz, hogy a végső hőmérséklet a kiinduló hőmérsékletek számtani átlaga legyen 3 térfogategység higanyt és két térfogategység vizet kell venni. A fenti eredmény alapján kizárhatjuk annak lehetőségét, hogy a testek a Tűzet a sűrűségükkel arányosan vonzzák, ugyanakkor a 3:2 arány alapján elfogadhatjuk, hogy a Tűz a térben egyenletesen oszlik el függetlenül az anyagi minőségtől.

2.6.2.2. *Kalorimetria*. Joseph Black (delta728 delta799) a glasgow-i, majd edinburghi-i egyetemen a kémia professzora. Black nagyon népszerű előadó volt, munkáit nem publikálta. (Szerencsére tanítványa, John Robison előadásainak jegyzeteiből könyvet készített.) Munkásságára a skót pozitívista iskola hatása a jellemző. (Kortársai voltak Glasgow ban ill. Edinburgh ben Adam Smith, David Hume, James Hutton). Ezzel is magyarázható, hogy Martine t követve a metafizikusnak tekintett Tűz fogalommal nem is törődött, de a hő természete sem izgatta, inkább a tulajdonságait vizsgálta, jellemezte. A Tűz megmaradása helyett a hő megmaradását használta, feltételezte, hogy a hő minden testbe (kivéve az üregeket) egyforma sebességgel lép be, így a melegedés sebességét a hőkapacitás határozza meg. Nem végzett szisztematikus vizsgálatokat a különböző anyagok hőkapacitásainak meghatározására, a Robison könyvben az alábbi hőkapacitás meghatározást találjuk: "vett egy font delta90 gradus aranyat és betette egy font 50 gradus vízbe, a keverék hőmérséklete 55 gradus lett, mivel az arany hőmérséklete delta35 gradus t csökkent, miközben a víz hőmérséklete 5 gradust növekedett, azonos súlyra vonatkoztatva a víz hőkapacitása sokkal nagyobb, mint az aranyé, az arány delta:delta9." A latens hő bevezetése is Black nevéhez fűződik.

Black eredményeire támaszkodva tanítványa, William Cleghorn delta779 ben az alábbi posztulátum rendszert javasolta a termikus jelenségek leírására:

delta. A kalorikum egy rugalmas folyadék, amelynek részecskéi taszítják egymást,

2. A kalorikum részecskéket a különböző anyagok a különböző állapotokban különböző mértékben vonzzák,

3. A kalorikum nem keletkezik és nem tűnhet el,

4. A kalorikum érzékelhető vagy látens alakban jelenik meg. A látens kalorikum olyan kalorikum, amely kémiailag kombinálódik a szilárd anyag részecskéivel s így az folyadékká válik, vagy a folyadék részecskéivel s azok gázzá válnak,

5. A kalorikumnak súlya van.

Ezek a posztulátumok nagyon jól leírják a kísérleti eredményeket. A munkával történő melegítést azzal magyarázták, hogy ilyenkor a munkavégzés hatására a környezetből megy be hő a testbe.

Franciaországban Lavoisier és Laplace vizsgálták szisztematikusan a hőelmélet alapjait. Azzal kezdik munkájukat, hogy kétféle hőelmélet van: a, a kinetikus, vis viva elmélet b, a kalorikum elmélet, amely szerint a hő egy anyagi folyadék. A vis viva elmélet a sűrűlódásos hő keletkezését jól értelmezi. Más kísérleti eredményeket viszont a kalorikum elmélet ír le jobban. Nem döntöttek a kettő között, azonban a hő megmaradását világosan megfogalmazzák: "A hő minden olyan változása, amely a testek egy rendszerének állapotváltozása során fellép, fordított sorrendben reprodukálódik, amikor a rendszer visszatér az eredeti állapotába."

"A testek egyszerű keverékében a hő megmaradása független a hő természetére vonatkozó hipotézisektől." Ebben a műben találhatjuk meg először a mai kalorimetriai képleteket. A hőmegmaradás hipotézise nem tiltotta a hő-munka átalakítást, csak az átalakításra azt a várakozást adta, hogy környezet függő lehet.

2.6.2.3. Hő-munka kapcsolat. Sadi Carnot hő fogalma világosan mutatja, hogy számára a könyv írásakor a hő megmaradó mennyiség volt, azaz Carnot a kalorikum elmélet híve volt: Clapeyron és Carnot Sadi Carnot ΔS -ben meglátogatták Magdeburgban Lazare Carnot száműzetésében, ahol az első gőzgépet három évvel korábban üzembe állították. Lazare Carnot sokat beszélt erről a fiával, aki fellelkedetett, és megírta korszakalkotó művét, amit Clapeyron tett a fizikus közösség számára hozzáférhetővé.

Sadi Carnot (ΔS) az anekdoták szerint úgy írta meg korszakalkotó művét, hogy műszaki ismeretekkel nem rendelkező bátyja, Hyppolite is megértse. Ez állítólag sikerült is, a képletek hiánya viszont számunkra megnehezíti a megértését, és sajnos nem tudjuk Hyppolite ot megkérni, hogy elmagyarázza.

"Mindenkori előtt ismeretes, hogy a melegség mozgást hozhat létre... A melegség az, amelynek tulajdonítandók mindama nagy mozgások, amelyek a földön szemünkbe ötlenek, ő általa jönnek létre a légkör mozgásai, a felhők felemelkedése, az eső és egyéb légköri tűnemények, a földet barázdáló vízáramlások, amelyeknek egy kis részét az ember is hasznára tudja fordítani, végül a földrengések, a vulkáni kitörések oka ismét a melegség.(3. oldal) Ezután Carnot a gőzgépek szerepéről beszél. "Gyakran felszínre merült a kérdés, ha vajon a melegnek mozgató ereje korlátolt e, vagy határtalan e..."(6. oldal) "Hogy a melegség által való mozgás létesítésnek elvét egész általánosságban szemügyre vegyük, minden mechanizmustól s különös közvetítőtől elvontan kell gondolkodnunk.."(6. o.)

Mindenütt, ahol hőmérsékletkülönbség van, mindenütt ahol a melegség egyensúlyának helyreállítása lehetséges, mozgató erőt is létesíthetünk." (8. oldal) "A melegség bizonyára csak általa lehet a mozgás előidézője, hogy a testekben térfoogat és alakváltozásokat hoz létre...ezen változásokat a hideg és meleg váltakozásából nyerjük."(9. oldal) Ezután azt a kérdést vizsgálja, hogy az adott mennyiségű hő által végzett munka függhet e a közvetítő anyagtól. "...ha bármely módon is lehetséges volna a melegséggel nagyobb mozgató erőt létrehozni, mint műveleteink első sorában, elégséges volna, hogy ezen mozgató erő egy részét elvonjuk a végből...hog

előkészítsük a lehetőségét egy az elsőhöz teljesen hasonló újabb műveletnek és így tovább: ez nem csak a perpetuum mobile létesítése lenne, hanem a mozgató erő korlátlan előállítására melegség vagy bármely más fogyasztása nélkül. Ez pedig teljesen ellenkezik a mechanika és az észszerű fizika törvényeivel: el nem fogadható" (delta2 delta3. oldal)

A gondolatmenetét már a modern nyelven ismertetjük. Carnot a mozgató erő egységének azt tekintette, amely Δm tömegű testet egy méter magasra tud emelni. Ma már ezt ΔW munkának nevezzük, ezért a továbbiakban a mozgató erő helyett a munka szót használjuk.

Induljunk egy $p_1 = 0,2$ MPa nyomású $V_1 = \Delta m^3$ térfogatú gázból, amelyik az $p_0 = 0,1$ MPa nyomású szobában van. A gáz kitágul, és a tágulás során munkát végez és hőt vesz fel. Egész addig, amíg a nyomása $p_2 = 0,1$ MPa és térfogata $V_2 = 2 m^3$ lesz, eközben $L = 0,6$ MJ munkát végez.

$$L = p_1 V_1 \ln V_2/V_1 = 2 \ln 2 \text{ MJ} = 60 \text{ kJ}$$

és a folyamat közben Q hőt vesz fel. Ezt most mérendő (és mérhető) mennyiségnek tekintjük. Ha elvégezzük a méréseket azt kapjuk, hogy a felvett hőmennyiség arányos a munkával, azaz ha a fenti kísérletet kétszeres mennyiségű gázzal végezzük, akkor a munkavégzés és a felvett hő is kétszeres lesz. Ahhoz, hogy újból munkát végezzen a gáz, vissza kell állítani a kezdeti állapotot. Az összenyomáshoz munkát kell végezni, de ez függ a hőmérséklettől. Ez látható, ha felhasználjuk az általános gáztörvényt, amely szerint $pV = nRT$, ahol R a gázállandó $8,3$ J/K, T a hőmérséklet Kelvinben mérve, (273 K) és n a mólszám (44 mól), ezzel,

$$L = n R T_1 \ln V_2/V_1 = 2 \ln 2 \text{ MJ} = 60 \text{ kJ}$$

Ha a térfogatot a felére csökkentjük, akkor ehhez T_2 hőmérsékleten

$$L_2 = n R T_2 \ln 2 = 60 T_2/T_1 \text{ kJ}$$

munka kell. Ha az összenyomás alacsonyabb hőmérsékleten történik, akkor kevesebb munkát kell végezni. A tágítás során nyert munka egy részét felhasználva az összenyomásra visszajutunk a kiinduló állapotba, és közben hasznos munkát tudunk végezni a rendszerrel. Minél nagyobb a tágítási és összenyomási hőmérséklet különbsége, annál több a hasznos munka. Azt várjuk, hogy a hasznos munka a felvett hőmennyiséggel arányos és a hőmérséklet különbséggel. Ha nincs hőmérséklet különbség, akkor a hasznos munka zérus.

Mi történik, ha nem gázzal, hanem például vízgőzzel végezzük a tágítást, vagy más típusú munkát állítunk elő. Elektromos munkát, vagy kémiai munkát használunk. A kinyert hasznos munka függ attól, hogy hogyan valósítjuk meg az átalakítást. Könnyen megvalósítható, hogy semmit nem nyerünk ki. A legkisebb érték a zérus, de van-e maximum, és mitől függ a maximális hasznos munka. Sadi Carnot azt kérdezte meg, ad-e a természet korlátot.

Először a hűtőgépet konstruáljuk meg. Fordítva végezve a folyamatot, azaz ha az összenyomást magasabb hőmérsékleten végezzük, akkor több munkát kell befektetni, de cserében a gáz az alacsonyabb hőmérsékleten veszi fel a hőt, és a magasabb hőmérsékleten (az összenyomásnál) adja le. Ez egy hűtőgép.

Kapcsoljunk össze egy gépet és egy hűtőgépet. A gép felvesz Q_1 hőt és L hasznos munkát végez. Ezt betápláljuk a hűtőgépbe, amely Q_2 hőt ad le a magasabb hőmérsékleten.

Tapasztalataink alapján a leadott hő nem lehet nagyobb, mint a felvett. Ellenkező esetben az összes változást megvizsgálva azt kapjuk, hogy csak egy változás

történt. Az alacsonyabb hőmérsékletű rendszer lehűlt és a magasabb hőmérsékletű felmelegedett. A hőmérsékletnek az a tulajdonsága, hogy kiegyenlítődik a hőmérsékletek különbsége. Ilyen rendszerek létezése mellett nem lenne hőmérő. Más oldalról nézve ezzel az elrendezéssel egy olyan gépet állíthatunk elő, amely a semmiből folyamatosan munkát állít elő. A többlet hővel egy harmadik gépet meghajtva, az örökké működhet.

A leadott hő természetesen lehet kisebb, mint a felvett. A maximálisan leadott azonban tetszőlegesen megközelítheti a felvett hőt. Ekkor a hűtőgép fordítva megismétli a gép működését. Ezt reverzibilis gépnek hívjuk, A valóságban ilyen nincs, de tetszőlegesen megközelíthető. A reverzibilis gép adja a maximális hasznos munkát, és ez csak a hőmérsékletektől függhet. A hőmérsékletfüggés viszont univerzális, minden reverzibilis gépre azonos, különben perpetuum mobile lehetősége jelenik meg.

Sadi Carnot nem általános formulát adott meg, hanem kiszámolta a maximális hasznos munkát: "Levegő esetén ΔT egység melegség, ha a meleg ΔT meleg testről 0 hőmérsékletűbe megy át ΔT mozgató erő egységet hoz létre, gőz esetén ΔT egység melegség, ha a meleg ΔT meleg testről 99 hőmérsékletűbe megy át ΔT mozgató erő egységet hoz létre. Gőz (ΔT és 0 között) ΔT mozgató erő egységet hoz létre, A borszesz (ΔT és 99 között) ΔT mozgató erő egységet hoz létre." "Még több ilyen számítást is szeretünk volna végezni...a jelenlegi fizika megtagadja tőlünk az erre nézve szükséges adatokat".

A Reflexions egy hosszú és kedvező méltatást kapott a Revue Encyclopaedique ban, majd megemlítette a Bulletin des Sciences Technologiques. Ezután hosszú csend ΔT ig, amikor Emile Clapeyron (ΔT ΔT) publikálta dolgozatát (ΔT), amelyben lényegében reprodukálta Carnot gondolatmenetét, két lényeges különbséggel. Matematizálta az összefüggéseket, és a Carnot körfolyamatot a Watt féle indikátor diagrammal ábrázolta (a p V síkon az adiabaták és izotermák). Ezen módosításokkal Carnot műve élvezhetővé vált, s Kelvin és Clausius ennek segítségével dolgozza ki a modern termodinamika alapjait.

Körfolyamatban –az egy ciklikusan működő gép esetén a felvett hő és a maximális munkavégzés aránya csak a hőmérsékletektől függhet.

2.6.2.4. Kelvin skála. Kelvin ΔT -ben a Kelvin-skálát, a fizikailag kitüntetett termodinamikai hőmérsékletskálát Carnot eredményei alapján vezette be: „A fizika tudományának jelenlegi állása mellett ezért rendkívül érdekes kérdésként vetődik fel, hogy van-e olyan elv, amelyre abszolút hőmérsékleti skála alapozható. Úgy vélem, hogy Carnot elmélete, amely a hő mozgatóerejére vonatkozik, lehetővé teszi számunkra az igenlő választ.” „A tudomány jelenlegi állása mellett nincs olyan művelet, amely hőt nyelne el anélkül, hogy az anyag hőmérséklete emelkedne, vagy látenssé válna és valamilyen változást idézne elő az őt elnyelő test fizikai állapotában; a hő (vagy caloricum) mechanikai hatássá való átalakulása valószínűleg lehetetlen, s biztosan fel nem fedezett jelenség. A valódi gépekben ahhoz, hogy a hő mechanikai hatást váltson ki, következésképpen erőforrást kell keresnünk, de nem az elnyelés és az átalakulás, hanem pusztán a hőátadás során. Mármost Carnot – általánosan elfogadott fizikai elvekből kiindulva – bemutatja, hogy mechanikai hatáshoz úgy juthatunk, ha a meleg testből leengedjük a hőt a hidegbe a gép közegén

át (például egy gőzgépben vagy egy levegővel működő gépben); s fordítva, bizonyítja, hogy ugyanennyi hő – egyenlő mennyiségű munkavégző erő révén – felvihető a hideg testből a melegbe (a gép ebben az esetben visszafelé működne), amint mechanikai hatás állítható elő a vízi kerékkel előidézett vízeséssel, és a munkavégző erővel vagy egy működésbe hozott szivattyúval a kereket visszafelé forgatva a víz magasabb szintre emelhető. Az adott mennyiségű hő átadásával kapott mechanikai hatás, ha a hőátadás tetszőleges típusú, tökéletes hatásfokú gép közegében zajlik, amint Carnot megmutatja, a gép hőátadásra használt anyagának jellegétől független, és csak annak a két testnek a hőmérséklet-különbségétől függ, amely között a hőátadás zajlik.”

Ha hatásfoknak nevezzük a munka-hő arányt, akkor a valódi gép hatásfoka mindig kisebb, mint $H = \Delta T / T_2$.

Ez a hőmérséklet a Kelvin skála.

2.6.2.5. A megmaradó mennyiség. A fizikában az energia szerű megmaradó mennyiség létezése már korán felmerült. Boerhaave munkája is már protoenergia megmaradásnak tekinthető. Descartes az impetus megmaradást javasolta, Leibniztől a vis viva megmaradása került be a fizikai gondolkodásba.

Az univerzális megmaradó mennyiség létezésének kimondása két német orvos nevéhez fűződik. Mayer és Helmholtz javasolta az „erő megmaradás” elvét, amiért ma az energia-megmaradás törvényének felismerőiként tiszteljük őket. A népszerű mítosz szerint a „hőmegmaradás”, a kalorikum elmélet ellen léptek fel. Mayer a hajósok vénás vérének színváltozásából ismerte fel a munka hő átalakítás törvényszerűségét, és szétzúzta a kalorikum elméletet. Az érvelés hibátlan, egy baja van. Mayer nem igazán ismerte a kalorikum elméletet és Helmholtz sem. Ők a vis vitalis ellen harcoltak.

Az orvosokat a természet egysége érdekelte. Az élőrendszerekben vajon teljesülnek-e a fizika és kémiai törvényei, vagy van egy „vis vitalis”, amely felfüggesztheti a fizikai és kémiai törvényszerűségek érvényét az élőszervezetekben. A tizenharmadik század legnagyobb orvosi tekintélye Stahl szerint, bár a fizikai és kémiai erőknek a szervezet anyaga is alá van vetve, de e materiális erőket irányítja, azok működését szabályozza, sőt, ha szükséges, meg is szünteti: az élet szelleme. Stahl lélektudományát a „tudósabbak” a század második felében már vis vitalis-szal helyettesítették. Helmholtz mesterének Joannes Müllernek és neki, meg a társainak, Du-Bois Raymond-nak, Brückének, Virchow-nak, Ludwignak jutott osztályrészül, hogy az életjelenségek ezen vitalisztikus felfogását megtörjék és helyébe a tiszta fizikai és kémiai törvények uralmát teremtsék meg. A vis vitalis elmélet szerint az életerő feladata a szervezet rendeltetésének megfelelően a fizikai és kémiai erők szabályozása volt. Ez a fizikai törvények korlátozását vagy megszüntetését is jelentette. Az izgalmas kérdés a XIX. század elején az „állati hő” eredete és törvényszerűsége volt.

Helmholtz megközelítésének alapja az volt, hogy a vis vitalis valóságos perpetuum mobile volna. Ugyanis mit kívánunk a perpetuum mobile-től? Azt, hogy munkát produkáljon semmiből, vagy ami ugyanezt mondja, kevesebb munkával többet végezzünk, pl. az egyik gép bizonyos munkájával a másik gép több munkát produkáljon, vagy a mi esetünkben: kevesebb munkával tudjuk a követ a ház tetejére juttatni, mint amekkora munkát a kő végez, mikor leesik, de minthogy az összes energia változatlan, tehát ez azt jelentené, hogy mire újra feljut a kő a ház tetejére (ahol mozgási energiája már nincsen), a helyzeti energiája kisebb, mint előbb volt. De a helyzeti energia csakis a helyzettől függ, a helyzet pedig ugyanaz, mint előbb

volt, tehát a helyzeti energia is ugyanakkora és így semmiből nem nyerhettünk munkát.e.

Helmholtz „Az erő megmaradása” című értekezését 1847 július 23-án mutatta be a berlini fizikai társaságban. A munkájának fogadtatása a fizikusok részéről a szerzőt bámulatba ejtette. Egyszerűen kétségbe vonták az állításainak helyes voltát, csak Jacobi állt ki mellette. Poggendorf túl filozofikusnak találta, és nem közölte le. Az előadás anyaga ezért csak saját kiadásában jelenhetett meg. (8) Az értekezés bevezető része valóban örök időkre szóló. Csak néhány gondolatot akarok belőle kiragadni, hogy a fiatal tudós gondolati mélységeit láttassam. "Az elméleti természettudományok végső célja — szerinte — a természeti jelenségek változhatatlan okainak a felderítése. Hogy minden jelenség ilyenekre visszavezethető-e, vagyis, hogy a természet teljesen megérthető-e, vagy hogy vannak-e olyan változások, melyek a kauzalitás alá nem tartoznak, amelyek tehát a spontaneitás, a szabadság birodalmába tartoznak, azt e helyen nem akarjuk eldönteni, mindenesetre világos, hogy annak a tudománynak, melynek célja a természet megértése, abból a feltevésből kell kiindulnunk, hogy a természet tényleg megérthető és ezen feltevésből kell következtetnie, amíg csak kétségbevonhatatlan tények nem kényszerítenek a korlátok elismerésére."

Helmholtznak a zárt rendszerekre vagy legnagyobb általánosságban az egész világegyetemre kimondott energia tétele az anyag megmaradási tétele mellett a természettudomány alaptételévé vált. Az I. főtétel, az energia-tétel tehát abból a megfontolásból született, hogy a természet egységes, a fizika és kémia törvényei érvényesek az élő szervezetekre, és nincs olyan vis vitalis, amely ezt felülírná. Helmholtz eredményével Joule eredményei értelmezhetővé váltak.

Az általános (munkavégzéses) pontos kimérése 1846-ban James Prescott Joule (1818-1889) nevéhez fűződik, aki kimérte a hő és munka arányát. Megállapította, hogy ha rögzítjük a kezdeti és a végállapotot, akkor a Q hőközlés és az L munkavégzés összege mindig azonos, állandó marad. Például 1 liter vizet 1 Celsius fokkal felmelegíthetünk 4,2 kJ munkával vagy 4,2 kJ hővel is, de a végeredmény (hőmérséklet emelkedés) azonos lesz. A Joule-féle kísérlet úgy értelmezhető, hogy a két test kölcsönhatása leírható „energia” átadással. Az energia átadásnak két tiszta formája van, amikor nincs munkavégzés, és amikor csak munkavégzés van. A valóságban mindig a közbülső eset fordul elő. Matematikusan megfogalmazva: van egy, a test állapotára jellemző U mennyiség, amelynek megváltozása (dU) a rendszerrel közölt Q hő és a rendszeren végzett L munka összege, azaz $dU = Q + L$.

Kelvin foglalta össze a termodinamika eredményeit 1850-ben, a hő mozgatóerejének teljes elmélete Joule, illetve Carnot és Clausius következő két állításán alapszik.

„I. állítás (Joule) – Ha azonos mennyiségű mechanikai hatások jönnek létre bármilyen módon pusztán hőforrásokból, vagy vesznek el pusztán termikus hatásokban, azonos hőmennyiségek nyelődnek el vagy keletkeznek

II. állítás (Carnot és Clausius) – Ha egy fordított irányban működő gép mozgásának minden részében a fizikai és a mechanikai hatóerők fordítottak, a gép ugyanannyi mechanikai hatást hoz létre, mint amennyi bármely, páronként azonos hőmérsékletű hőforrással és hűtővel rendelkező termodinamikai géppel adott mennyiségű hőből előállítható.”

2.6.3. Az energia megmaradása. Az energia fogalom és a termodinamika egymásra találása Rankine-nek (William John Macquorn Rankine, 1820-74) 1855-ben már „Az energetika tudomány körvonalai” címmel írt. Ez az első dolgozat, amelyben a modern termodinamikai formalizmus elemei megtalálhatóak, de több elnevezési javaslatát a tudomány nem fogadta el, ezért nehezen interpretálható. Rankine 1853-ban megvalósította a nagy egyesítést.

A probléma az, hogy a hő-munka átalakítás nem szimmetrikus. A Joule és a Carnot formula más. Az modern fizikában a két munka fogalom között árnyalatnyi a különbség. Beszélhetünk a testen végzett munkáról – ez az energia változás, és beszélhetünk a test által végzett munkáról – ez természetesen a test energiaváltozása a fizikusnak, de a hasznos munka a mérnöknek. A kettő különbsége a környezet figyelembe vétele, illetve elhanyagolása. Ezt a dilemmát Rankine egyszerűen eltüntetette: „The term „energy” comprehends every state of a substance which constitutes a capacity performing work” (Az energia az anyag minden olyan állapotát jellemzi, amely képes munkavégzésre.)

A két munka különbségének problémáját is megoldotta. Az energia az aktuális energiából és a potenciális energiából áll. Sajnos a Rankine-i energiafogalom két külön irányba fejlődött, és napjainkban mindkettőt használjuk. Ebből fejlődött ki a fizikai (megmaradó) energiafogalom. Az aktuális energia az $(mv^2/2)$ lett, és kinetikus energia nevet kapott, és az mgh a potenciális energia lett. Kelvin bevezette a belsőenergiát, és ezzel a teljes energia szokásos kifejezése

$$E = mv^2/2 + mgh + U$$

Az energia megmaradásának törvénye a fizika legszigorúbb „főkönyvelője”. A „kiadásnak” és a „bevételnek” pontosan egyeznie kell. Ha egy kísérletben ez nem teljesül, akkor biztosak lehetünk benne, hogy a hiba bennünk van, mert valamit nem vettünk figyelembe. A belső energia megmaradása azt jelenti, hogy nem készíthetünk olyan gépet, amely semmiből munkát állít elő. Ez az I. fajú perpetuum mobile lehetetlenségének elve.

2.6.3.1. Energetizmus. A termodinamika főtételeinek megfogalmazása után kialakult a klasszikus termodinamika és az energetizmus. Az energia fogalma bekerült a köznyelvbe is, és szétvált a fizikai és a köznyelvi energia fogalom. A probléma gyökere a munka hasonló – de lényegesen különböző jelentése az egyes diszciplínákban.

Az energia fogalmát a klasszikus termodinamika és az energetizmus is a newtoni keretben értelmezi először. A termodinamika azt tűzte ki célul, hogy a termodinamikát a mechanikából származtassa le, illetőleg a mechanikából és az atomos szerkezetből. A közgazdaságtanhoz hasonlóan nagy elmélet leszűkítés következett be. A termodinamikából egyensúlyi (vagy klasszikus) termodinamika lett. A robusztus természettörvény jelleg helyett az energia, mint egy dinamikai invariáns jelenik meg,

Az energetizmus az energia, mint változtatás-képesség értelmezésből indult ki. Az energia formát tényleges létezőnek tekinti. Az energetizmus öröksége az „energia nem vész el csak átalakul” mondat.. Tőlük származik az az a javaslat, hogy „az energiának van felhasználható és nem felhasználható része”. Sajnos az alapítóatyák nem hallgattak a korabeli kritikákra, amely szerint a „felhasználható” nem „felhasználható” felosztás tartalom nélküli. A fizikán kívül ez az energiafogalom terjedt el.

Ostwald energetizmusának világnézeti háttérében két elmélet figyelhető meg: egyfelől a mechanikai kép, mely szerint a fizika a világ jelenségeit törvényekkel képes magyarázni, másfelől a pozitivizmus ismeretelmélete. Ez érthető, ha a kialakulás idejét megnézzük. A XIX. század második felére a fizika az ismert jelenségek nagy részét értelmezte. Max Plancknak azt tanácsolták, hogy ne legyen fizikus, mert az nem érdekes. Nincsenek megoldatlan kérdések. A fizika képes a természetet leírni, és ezek a kivételek is idővel magyarázhatóak lesznek az ismert törvényekkel. A kémia eredményesen járt el az anyagi folyamatok leírásában. Darwin evolúciós elmélete magyarázatot ad a fajok kialakulására. Kialakult a közgazdaság-tudomány is. A század végére úgy tűnt a természet egésze leírható, és végső soron fizikai törvényekre vezethető vissza, a biológia kémiára, a kémia fizikára. Az egész világ fizikai törvényeknek engedelmeskedik, nem kell semmiféle metafizikai magyarázat. A kor materializmusa erre alapozva alkotja meg világszemléletét, de nem csak a materializmus, hanem az energetizmus is. Az energetizmus célja: olyan tapasztalati elméletet kell kiépíteni, mely a fizikához hasonlóan leírja az egész világot, valamennyi jelenséget, ez maga lesz az energetizmus. Ostwald ismeretelmélete a pozitivizmus szellemének megfelelő, a tapasztalatból indul ki, és ezekre támaszkodva, elméleteket alkot. A tudomány mindig a jövőbelire irányul nem a múltbélire, ezért Ostwald a történelmet nem tekinti tudománynak. A tudománynak bizonyos mértékben előre kell látniuk a jövőt. A tudomány egyedüli célja az emberiség boldogulásának elősegítése, az emberiség életének egyszerűbbé tétele, ezért az elméleti kutatásoknak a lehető leghamarabb gyakorlati kutatásba kell átalakulnia. A tudomány fogalomalkotással kezdődik, mely az emlékezet szintetizáló tevékenysége révén jön létre. Az indukció segítségével a fogalmak ok okozati viszonyát feltárjuk, és ezekben törvényszerűségeket fedezünk fel, mely törvényekkel a jövőt bizonyos tekintetben képesek vagyunk előre látni.

Ostwald egész fizikáját az energiára építi fel, számára minden fizikai jelenség az energia egy megjelenési formája. Az energiát a mechanikán keresztül vezeti be. (A mechanikai bevezetés érthető, hiszen Ostwald korában a klasszikus mechanika letisztázott, egyetemesnek látszó törvény volt. Segítségével nem pusztán a makroszkopikus testek mozgása (bolygóké, földi testeké, bonyolult gépeké) vált leírhatóvá, hanem a statisztikusfizika új eredményeinek köszönhetően az olyan eddig megfoghatatlan jelenségeket is megmagyarázta, mint a hőmérséklet vagy a nyomás.) Első lépésben bevezeti a munkát, ami nem más, mint az erő és az út szorzata. Következő lépésben bevezeti a mechanikai gépek fogalmát, melyekbe munkát fektetünk, majd valamilyen más módon munkát is nyerünk ezekből a gépekből. „Mármost évszázadok tapasztalata azt mutatta, hogy az ilyen mechanikai gépekből semmi módon sem lehet több munkát kivenni, mint amennyit beléjük tettünk. Sőt mindig kevesebb munkát kapunk vissza, mint amennyit belefektettünk s a gép fokozódó tökéletesedésével, ez a mennyiség legfeljebb az egyenlőség felé közeledik.” Az összes energiafajtára igaz, hogy összegük a fizikai folyamatok során állandó

Kijelenthetjük, hogy az energia összértéke a folyamatok során állandó, ez az energia megmaradás törvénye. Az energia megmaradás törvényét univerzális egyetemes törvénynek tekinti Ostwald, mely nem pusztán a fizikára, hanem a kémiára, biológiára, lélektanra és a társadalomra is kiterjed.

A teljes energia fenti alakja korrekt. Egy rendszer, objektum teljes energiáját a fizikában így írjuk fel, ez a kiszámíthatóság alapja. Azonban ez inkább egy

mnemotechnikai alak. Az egyes tagok nem függetlenek egymástól. A számításnál használható az alak, és meg is határozhatjuk az egyes összetevőket, de a tagok nem függetlenek egymástól. .

Az első főtétel megszabja, hogy az energia összértéke a folyamat során nem változhat, hogy az energia miként alakul át egyik formájából a másikba, erre a második főtétel adja meg a választ.

Az energetizmusból egy monista egyház is kinőtt, de mára már teljesen elszakadtak az alapítótól. Összegezve az energetizmusról azt mondhatjuk, hogy a termodinamika első főtételéből kiindulva az egyedüli létezőnek az energiát teszi meg. A második főtétel az egyes energiafajták változásait szabja meg. Ebből a két törvényből kiindulva magyarázza, meg Ostwald az egész világot, minden jelenséget, miután úgy gondolja, sikerrel jár el, elméletéből metafizikai következtetéseket von le, így jut el a monizmusig.

Az energetizmus a háború utánra gyakorlatilag eltűnt, mint mozgalom, de az energia értelmezése megmaradt. A munkavégző-képességnek megfelelő fizikai mennyiség hosszú ideig nem jelent meg a tudományban és az oktatásban. A hétköznapi szóhasználatban megmaradt az energia energetizmusi jelentése, biztosítva ezzel a termodinamika hozzáférhetetlenségét a nem fizikusok számára, és egy parttalan vita lehetőségét a szakértő és nem szakértő között. Többször találkoztam a következő érveléssel: "Ne félj attól, hogy elfogy az energia - az energia megmaradó mennyiség!" A mondat igaz, ha a fizikai energiára gondolunk, de az energiaválság nem erről szól. Az energiaválság a hozzáférhető, a munkavégző képesség a felhasználható energia lehetséges kifogyását jelenti.

A számunkra hasznos felhasználható energia fogalomhoz, már a folyamatokat, változásokat kell vizsgálni.

Változások törvénye

A mérlegegyenlettel rendelkező mennyiségek még további csoportba oszthatóak, Egy részükre igaz, például a térfogatra, és a töltésre, hogy van természetes hajtóerőjük. A töltés (elektromos) áramnál a feszültség (elektromos potenciál különbség), a térfogat változásnál a nyomás különbség. Impulzusnál a sebesség különbség. A termodinamikában extenzív paramétereknek hívjuk azokat az additív, mérlegegyenlettel rendelkező mennyiségeket, amelyekhez rendelhető egy természetes hajtóerő. Tapasztalati törvény, hogy az extenzív mennyiségek áramát a fizikában a megfelelő intenzív mennyiség inhomogenitása hajthatja. Ebbe a kategóriába tartoznak: a "hővezetés (belső energia árama)"- ezt a hőmérséklet inhomogenitása (gradiense) hajtja $j = L \frac{dT}{dx}$

ahol j a hőáram, és dT a hőmérséklet különbség, L a hővezetési együttható elektromos vezetést az Ohm- törvény írja le, az elektromos töltés áramát az az elektromos térerősség, a feszültség tartja fent.

$$J = U/R$$

Ahol j az áram, U a feszültség és R az ellenállás diffúzióanal a tömegáramot az illető anyagfajta koncentrációgradiense hozza létre

A nyomás, a hőmérséklet, az atomok koncentrációja, a sűrűség és az elektromos potenciál intenzív mennyiség. . Ezek értéke az új, egyesített rendszerre nem adható meg az eredeti rendszerekre jellemző értékek összegeként, és a különbségük áramot eredményez. A különbség eltűnés azt jelenti, hogy nyomás különbségnél a nagyobb nyomású rendszer kiterjed (nő a térfogata) és a kisebb nyomású összenyomódik – csökken a térfogata. A nyomás a térfogattal fordítottan arányosan változik (ha nincs más változás, például nem változik a hőmérséklet). A nagyobb nyomás csökken- a kisebb nyomás nő- így a különbség lecsökken. Az összes különbözősége hasonló a szabály. Általánosan is felírhatjuk a törvényt- legyen dY a különbség (például a hőmérséklet különbség, vagy a nyomás különbség) és dX a hozzátartozó extenzív mennyiség megváltozása. A természet törvénye kimondja, hogy

$$dY \frac{dX}{dt} \geq 0$$

Lehetetlen, hogy $dY \frac{dX}{dt} < 0$. Ha ilyen folyamatot „látunk”, akkor biztosak lehetünk benne, hogy még van valami más – nem figyelembe vett kölcsönhatás. A szódáspatronnt kivesszük a hűtőszekrényből, és becsavarva a szifonba azt érezzük, hogy lehűl. Nem sérti a fenti törvényt, mert itt a patronban lévő széndioxid gáz kiáramlik és kiterjed.

A változást a dY , a különbség okozza – ez a folyamat hajtó ereje. A változás pedig a hajtóerővel arányos. (legalább is közelítőleg), ezzel a dinamikai törvénye

$$dX = L \frac{dY}{dt}$$

ahol L a két rendszer közötti kapcsolattól függ, de a természet megköveteli, hogy L nem lehet negatív.

Ha beírjuk az egyes különbségeket, akkor visszakapjuk az Ohm-törvényt, a Fick-törvényt, a hővezetés törvényét.

Meg kell jegyezni, hogy a dinamikai törvényük csak egy első közelítés- két dolgot is nem vettünk figyelembe. Kereszteffektusokat- hogy például a hőmérséklet különbség elektromos áramot is indukálhat, és azt hogy az L az nem állandó, illetőleg lehet a jelenség nem-lineáris is.

3.1. II- Főtétel a klasszikus egyensúlyi termodinamikában

Ez a fejezet csak azoknak irodott, akik tanultak termodinamikát. Kritikusan elemezzük, hogy miért csak a szakembereknek való megközelítés.

A XIX. században a fizika olyan leírást fejlesztett ki, amely az izolált rendszerek leírására kényelmes, és a számunkra fontos földi folyamatokra már nem. Ennek következmény az a paradigma, hogy a változások csak az entrópiával jellemezhetőek.

Hogy miért csak az entrópiikus leírás terjedt el? Egy valószínűsíthető magyarázatot ad az, hogy a természettudományt ugyanúgy, mint a közgazdasági gondolkodást mindig befolyásolták az adott kor aktuális gazdasági kérdései. Szembetűnő példája ennek az összefüggésnek az, hogy amikor a közgazdászok elkezdtek figyelmen kívül hagyni a természetet a gazdasági folyamat bemutatásában, ez az egész tudományos világ beállítottságában bekövetkezett fordulópontot tükrözött. Az ipari forradalom példátlan eredményei annyira elkápráztattak mindenkit azzal, hogy az ember mire képes gépek segítségével, hogy az általános érdeklődés a gyárra korlátozódott. Az új technikai lehetőségek kiváltotta látványos tudományos felfedezésekben földindulásszerű előrelépés következett be, ami erősítette a technológia hatalma iránti általános bámulatot. Ennek következménye lett az is, hogy az írástudók túlértékelték és így felülértékelve tálták a nagyközönségnek a tudomány teljesítményeit. Természetesen egy ilyen piedesztálról még csak elképzelni sem lehetett, hogy bármilyen igazi akadály alapvető eleme lenne az emberi állapotnak. Ezért a termodinamika II. főtétele és az entrópia törvény idegen volt a XIX. századi és a XX. századi gondolkodás számára. A természet által adott korlátokra figyelmeztetett. Ha elfogadjuk ezt a tézist, akkor érthetővé válik, hogy a fizikusok körében miért maradhatott meg az a mítosz, hogy a természet legfontosabb törvényét csak egy érthetetlen mennyiséggel lehet kifejezni. Az entrópia érthetetlen, és nem csak a laikusok számára. Ha különböző iskolákhoz tartozó termodinamikuskok elkezdnek az entrópiáról beszélni, akkor nem értik meg egymást. (Pedig a véleményük azonos – a másik nem tudja a fizikát.)

3.1.1. Mi az entrópia? . Az entrópia szót Clausius alkotta. delta850 és delta863 között a fizikusok vizsgálták annak matematikai következményét, hogy a természetnek preferenciái vannak, azaz vannak olyan folyamatok, amelyek elképzelhetőek nem mehetnek végbe. A természet preferálja a hőmérséklet kiegyenlítődést. Clausius megmutatta, hogy ez a tulajdonsága a természetnek, megfogalmazható úgy is, hogy létezik egy, az ismert (mérhető) jellemzők függvényeként meghatározható mennyiség, amely izolált rendszerben csak növekedhet.

Az entrópia név választását az indokolta, hogy egyrészt egy új, az energiához hasonló hangzású kifejezést keresett. A szó gyökerét alkotó tropygörögül átalakulást jelent. Ezzel Clausius az új mennyiség, az entrópia és a változás szoros kapcsolatát jelezte. A fizikában egy test entrópia változása

$$dS = dQ/T + s, \text{ delta}$$

alakban írható fel, ahol dQ a környezettől kapott hő, T az abszolút hőmérséklet (Kelvinben mérve), és s az entrópia termelés. A II. főtétel értelmében $s \geq 0$. Az entrópia termelés nem lehet negatív és csak akkor nulla amikor a rendszer egyensúlyi állapotban van, vagy a változása egyensúlyi állapotokon keresztül történik. Ezt a változás típusát, amikor nincs entrópia termelés, reverzibilis folyamatnak nevezzük. A gyakorlatban ilyen nem létezik, de jól megközelíthető. A valódi, irreverzibilis folyamatokban mindig van entrópia termelés, ami a valóságban valamilyen különbség eltűnésében manifesztálódik. Például csökken a hőmérséklet vagy a nyomás különbség. Az entrópia termelés a különbségek eltűnését jelenti. Minél nagyobb az s , annál nagyobb a különbségek csökkenése. Amikor már minden különbség eltűnik, a folyamatok leállnak, ekkor $s=0$. Ez izolált rendszerben a maximális entrópiájú állapot az egyensúlyi állapot.

Nyílt rendszerben a környezettel történő kölcsönhatás a rendszeren belül növelheti a különbségeket, és nem szükségszerű a maximális entrópiájú állapothoz tartás.

3.1.2. Kérdések, amelyeket fel kell tenni, ha érteni akarjuk a II. főtételt. A clausiusi II. főtétel megfogalmazása egyszerre triviális és furcsa. Közelebb jutunk az entrópia megértéséhez, ha végigvesszük a lehetséges ellenvetéseinket. Az oktatási tapasztalataim alapján összegyűjtöttem azokat a kérdéseket, amelyeket nehéz feltenni, de ha nem tesszük fel, akkor a megértés szinte lehetetlenné válik. A clausiusi posztulátum, azaz a II. főtétel szokásos megfogalmazása: "a hő soha nem megy magától a hidegebb helyről a melegebb helyre".

A lehetséges ellenvetések: - Ez nem úgy hangzik, mint egy természettörvény. - Ez csak egy empirikus törvény. Lehet, hogy nem is általános természettörvény. - Ez egy hétköznapi tapasztalat. Miért kell ezt külön posztulálni? - Miért csak a hőmérsékletkülönbség nem nőhet? - A posztulátum nem igaz! - Nagyon pesszimista a clausiusi posztulátum. - A II. Főtétel felesleges. - Tautológia a II. főtétel - Miért jó, ha kimondjuk?

Részletes válaszok az ellenvetésekre:

3.1.2.1. Nem úgy hangzik, mint egy természettörvény. . Ezzel az erővel posztulálhatnánk azt is, hogy "lefelé folyik a Tisza, nem folyik az többé vissza". Az ellenvetés jogos. A II. főtételből levezethető, hogy egy folyó magától mindig lefele folyik, és ez fordítva is igaz. A clausiusi posztulátumban kifejezett irreverzibilitást tartalmazza a népdal is. Ezért logikailag azonos a két állítás. A klasszikus termodinamika felépítése egyszerűbb, ha a clausiusi utat követjük, és nem a dalból indulunk ki a matematikai elmélet felépítéshez. - Ez csak egy empirikus törvény. Lehet, hogy nem is általános természettörvény. Nem levezetjük a II. főtételt, hanem a korlátozott tapasztalataink alapján kimondjuk. Eddig még sohasem tapasztaltuk azt, hogy hő menne magától alacsonyabb hőmérsékletéről magasabb hőmérsékletre, ezért azt mondjuk, hogy ilyen sohasem történhet meg. Ha többet tudunk, akkor biztos megtudhatjuk majd azt is, hogy hogyan haladható meg. Az ember előtt nincs lehetetlen. A történelem során már sokszor megtörtént, hogy kimondtunk törvényeket, amiről később kiderült, hogy nem is azok. Ugyanaz az Akadémia mondta ki a perpetuum mobile lehetetlenségét, mint aki kimondta a levegőnél nehezebb tárgyak repülésének lehetetlenségét. Ha a repülőgépek repülnek, akkor egy zseniális felfedező megépítheti a perpetuum mobilét is. A II. főtétel nem egy egyszerű törvény. A világunk kormányzó elve. Rendezi a folyamatokat. Megadja az irányokat. Érdemes itt megpihenni, és elábrándozni egy olyan világról, ahol nincs II. Főtétel. Én sok elképzelhetetlen dolgot el tudok képzelni, még ezt is. Vacsorát

kell készítenem. Nagyszerű! Nem kell bekapcsolnom a gázt, magától is megfőhet az étel. De nem is kell főzöm. A szervezetem reverzibilisen működik, nincs szükség a táplálék energiájára. Nem kell ennem. Ez egyrészt talán az elképzelhető mennyország, de annyira idegen a földi világunkhoz képest, hogy itt megáll a képzelet.

3.1.2.2. Ez egy hétköznapi tapasztalat. . Miért kell ezt külön posztulálni? A triviálisan igaz megfigyelésből azáltal lesz természettörvény, hogy a meg nem vizsgált esetekre is érvényesnek mondjuk ki. Az irreverzibilitás posztulálása nem banalitás, hanem egy új, nem-newtoni fizikai elmélet megalkotása. Clausius posztulátumának tartalma az, hogy univerzális elvként lehet és kell a különbségek csökkenését elfogadni. Ez ellentétben áll a newtoni fizika reverzibilitásával. Mechanikában megfordítva a sebességeket a mozgás fordított irányban megismétli a pályát, és visszajuthatunk a kiinduló állapotba. A hőmérséklet különbség kiegyenlítődéssé folyamatában ez csak külső hatásra történhet meg. Újra elő kell állítani a különbségeket.

A termodinamika nincs ellentmondásban a mechanikával. Csak a mechanikailag lehetséges folyamatok közül kizárja azokat, amelyekben a különbségek nőnének. A termodinamika ezért a mechanikától eltérően nem normatív, hanem regulatív és nem prediktív vagy deskriptív hanem restriktív tudomány. Csak a lehetetlent tiltja le. A főtételeknek van olyan megfogalmazása is, amiben mindegyik úgy kezdődik, hogy "lehetetlen". A posztulátum tartalma az, hogy a mechanikában elképzelhető folyamatok durván két csoportra oszthatóak. Valóságos (lehetséges vagy más néven természetes) folyamatokra, és lehetetlen (természetellenes, nem létező) folyamatokra. A lehetetlen folyamatokat az jellemezné, hogy általuk a különbségek nőnének. Egy ilyen folyamatban a rendszer magától távolodna az egyensúlyi állapottól. Valóban hétköznapi tapasztalatunk az, hogy ilyen folyamatok nem léteznek. Ezeknek a tapasztalatoknak az összefoglalása a posztulátum. A kimondására a matematikai keretek kidolgozásához van szükség.

3.1.2.3. Miért csak a hőmérsékletkülönbség nem nőhet? . Kevésnek érezhetjük a posztulátumot! Hiszen például a nyomáskülönbség és a feszültségkülönbség is eltűnik. Valóban! És ez következik a II. Főtételből. Gondolatkísérlettel könnyen igazolhatjuk, hogy a nyomás különbség spontán megjelenése esetén szerkeszthetnénk olyan gépet, amelynek csak az lenne a hatása, hogy hő megy a hidegebb helyről a melegebbre. Ha a hő nem mehet magától a melegebb helyre, akkor a nyomáskülönbség sem nőhet magától.

3.1.2.4. A posztulátum nem igaz! . A különbségek nem mindig tűnnek el, van, amikor nőnek. A világunkra a fejlődés a jellemző. A biológiai evolúció, a gazdaság azt mutatja, hogy struktúrák alakulnak ki, nőnek a különbségek. Ez egyben távolodás az egyensúlyi állapottól. Például a hűtőszekrényem működik. A hő a hidegebb helyről (a hűtőszekrényből) megy a melegebb helyre (a konyhába). Nincs ellentmondás. Ott a hő nem magától megy, hanem az elektromos áram munkája révén. A posztulátum csak az olyan hűtőszekrényt tiltja le, amely magától működik. A posztulátum csak az izolált rendszerekre mondja ki a különbségek eltűnését. Nyílt rendszerek változása a külső és a belső feltételektől függ. A hetvenes évektől kezdve óriási fejlődésen ment át a struktúrák kialakulásának, az önszerveződésnek a vizsgálata. A II. főtétel a nyílt, egyensúlytól távoli rendszerekben nem tiltja, hanem megköveteli a struktúrák kialakulását, létezését. Egyszerűbb modellrendszerekben már értjük is a szerveződés megjelenését.

3.1.2.5. Nagyon pesszimista a clausiusi posztulátum. . Ha a hőmérséklet különbség egy magára hagyott rendszerben mindig csökken, akkor egy idő múlva minden

különbség eltűnik. Meghal a rendszer. Ezt a végső állapotot "hőhalál"-nak nevezik. A Föld nem magára hagyott rendszer. A Nap és a világűr között helyezkedik el. A hőmérséklet különbségek állandóan eltűnnek, de állandóan keletkeznek is. A termodinamika megköveteli, hogy állandó változások legyenek. A Földön, amíg süt a Nap, nem tartunk a hőhalálhoz. A fejlődés szükségszerűsége a II. főtétel következménye.

3.1.2.6. *A II. Főtétel felesleges.* . A termodinamika csak a statisztikus fizikán keresztül érthető meg. A XX. században sokan próbálták meg az irreverzibilitást levezetni a reverzibilis dinamikából. Ezzel a termodinamikának teljes statisztikus megalapozását lehetne adni. Eddig ez még nem sikerült. A statisztikus megközelítésekben is ki kell mondani egy feltételt, amely tartalmilag a clausiusi posztulátummal ekvivalens.

3.1.2.7. *Tautológia a II. főtétel.* . A hőmérsékleti skálát úgy határoztuk meg, hogy a magasabb hőmérsékletű test ad át hőt az alacsonyabb hőmérsékletű testnek. A hő az a mennyiség, amely átmegy a magasabb hőmérsékletű testről az alacsonyabb hőmérsékletű testre. Ez a definíció tartalmazza a II. főtételt. A II. főtétel triviálisan igaz, már a hő definíciójában benne van. Az ellenvetés azért nem helytálló, mert a fenti definíció a munkavégzés nélküli esetre vonatkozik. A II. Főtétel (az irreverzibilitás) teszi lehetővé ezt a definíciót, ha nincs munkavégzés. A definíció azonban önmagában még semmit sem mond arról az esetről, amikor munkavégzés is van. A posztulátum az egyszerű tapasztalatot általánosítja univerzális természettörvényként.

3.1.2.8. *Miért jó, ha kimondjuk?* . Miért jó, ha elfogadjuk általános természettörvénynek a hőmérséklet kiegyenlítődést? Mi hasznunk lesz belőle? Ez a legrobosztusabb természettörvény. Minden cselekedetünket meghatározza. Megszabja a változások, folyamatok irányát, lehetőségét. Az emberi tevékenységnek mindig van egy termodinamikai aspektusa is. Egy fenntartható társadalomban a jövő generáció számára is biztosítani kell az erőforrások elérhetőségét, és az ökoszféra produktív és asszimilációs kapacitását. Sem a teljes természeti tőkét, sem annak változását nem tudjuk meghatározni. A különböző fizikai jellemzők aggregálható mérőszámokat adnak, amelyek a természeti tőkének illetve a változásának egy-egy aspektusát jellemezhetik. A posztulátum kimondása lehetővé teszi az irreverzibilis jelenségek matematikai elméletének kidolgozását, ami egyszerűsíti a tárgyalást, illetőleg mérhetővé (számszerűsíthetővé) teszi a természeti korlátokat. Az entrópia növekedése a fizikai folyamatok irreverzibilitását tükrözi. A diffúzió és a csökkenő különbségek (pl. a meleg és a hideg között) mindennapos tapasztalata egy tendenciát jelez. Minden izolált rendszer az egyensúly felé tart. Ez a tendencia fejeződik ki a folyamatosan növekvő entrópiában, az állandó entrópiatermelésben. entrópiatermelését entrópiatermelésnek nevezzük. Az entrópiatermelés az áram és a megfelelő különbség szorzata. Elektromos áramnál az elektromosára és a feszültség szorzata osztva a hőmérséklettel, azaz a Joule hő/hőmérséklet. Hővezetésnél a hőáram és a hőmérséklet különbség szorzata, osztva az abszolút hőmérséklet négyzetével. Egyensúlyban, ha nincs feszültség vagy hőmérséklet-különbség, akkor nincsenek áramok és ekkor az entrópia termelés zérus. Olyan változásnál, amikor a hőáramok úgy folynak, hogy nő a hőmérséklet-különbség az entrópia termelés negatív. A tapasztalataink alapján ilyen nincs. A II. főtétel, az entrópia növekedés elve, úgy is megfogalmazható, hogy az entrópia termelés nem lehet negatív.

3.1.3. Miért nem érdemes az entrópiát használni. A gazdasági folyamatok elemzésében az entrópiát és/vagy a negentrópiát nem érdemes használni. Egyrészt, a kiszámításuk olyan munka befektetést igényel, ami nincs arányban az esetleges eredménnyel, másrészt mert az általuk szolgáltatott információ gazdaságilag irreleváns. Egy-egy konkrét gazdasági folyamat esetén az S , illetőleg az N változása, és a folyamat gazdasági értékelése közötti kapcsolat esetleges. A termikus (entrópiikus) korlátokat nem lehet az entrópiával kifejezni. Az entrópia változások elvileg meghatározhatóak, gyakorlatilag azonban keresztülvihetetlenek. C. Truesdell (delta984) fogalmazta meg, hogy az entrópiát minden olyan esetben ki tudjuk számítani, amikor az nem érdekes (pl. az ideális gázokra). A reális entrópia mérleg felírása a Földre csak elvileg lehetséges. Az entrópia mérlegegyenlet felírásának másik akadálya az lehet, hogy az entrópia számértéke nem árul el sokat a rendszerről. Egy gondolat kísérlettel ezt könnyen beláthatjuk.

Képzeljük el, hogy ajándékba kapunk almát, és két csomag között választhatunk. Melyiket választjuk, ha az ajándékozó csak egy adatot mond a következő lehetőségek közül:

- az első értéke $\Delta S = 0$ Ft, a másodiké 200 Ft,
- az első súlya $\Delta m = 0$ kg, a másodiké 2 kg,
- az első energiája $\Delta E = 0$ MJ, a másodiké 200 MJ,
- az első entrópiája $\Delta S = 0$ GJ/K, a másodiké 200 GJ/K,
- az első negentrópiája $-\Delta S = 0$ GJ/K, a másodiké -200 GJ/K.

Az első három esetben nyilvánvalóan a második kosarat kérjük. (A szociológia aspektusoktól eltekintve a drágább, a több valószínű a jobb). A nagyobb energia is nagyobb mennyiségre utal. Mit tegyünk a negyedik esetben? Két megoldás lehetséges:

- Kétszer annyi almának kétszeres az entrópiája - a második kosarat kell választani!

- A két kosárban ugyanannyi alma van, de a másodikban már öreg az alma. Közeledett az egyensúlyi állapothoz; ezért nagyobb az entrópiája. Most a nagyobb entrópia azt jelenti, hogy kevésbé értékes. Az első kosarat kell választani! A dilemma oka, hogy gazdasági szempontból az entrópia növekedés lehet előnyös (nő az alma mennyisége), de lehet hátrányos is (öregedés). Az ajándékozó feloldhatja a dilemmát, ha nem az entrópiákról, hanem az entrópiahiányokról ad felvilágosítást. Az ajándékozó az entrópiahiányt az egyensúlyi és az aktuális állapot közötti entrópia különbséggel méri. Az ajánlata most így szól:

- az első entrópia hiánya $\Delta S = 0$ GJ/K, a másodiké 20 GJ/K.

A választásunk most egyértelmű, a második kosarat kérjük. Hiszen, vagy kétszer annyi alma van a második kosárban, és ekkor a második kosár az előnyösebb, vagy "rendezettebb" állapotban van az alma, azaz frissebb. Ekkor is a második kosár a jobb. (A következő fejezetben az entrópiahiányt, mint fizikai mennyiséget ismertetjük és extrópiának hívjuk. Megmutatjuk, hogy ez a távolság az egyensúlyi állapottól. A szemléletes jelentésén kívül még azzal az előnyös tulajdonsággal is rendelkezik, hogy kiszámítható.)

3.2. Extrópia

Lehet-e olyan rendszereket építeni, hogy a különbségek átalakításának a végeredménye az lesz, hogy a kiinduló különbségnél nagyobbakat kapunk? Például $\Delta S = 0$

m/s sebességgel megy az delta kg tömegű golyó, felmelegíti a talajt- ezzel a hőmérséklet különbséggel elektromos áramot állítunk elő, amely mozgat egy motort és ez mozgatja a golyót, úgy hogy sebessége delta20 m/s lesz? Ez egy perpetuum mobile, az emberiség régi álma. Érdemes-e pénzt adni az örökmozgó (mai divatos elnevezéssel a szabad energia gépek) kutatására? Avagy itt egy természeti törvényről, merev korlátról van szó? A polémia helyett a tapasztalatra hivatkozunk- az, hogy eddig még senkinek sem sikerült építeni egy működő szabad energia gépet, az nem bizonyító erejű – hiszen ez nem zárja ki (csak valószínűsíti, hogy holnap sem fog sikerülni. Ami viszont bizonyító erejű, az hogy természettörvényként elfogadva a különbségek csökkenését- a perpetuum mobile lehetetlenségét egy jósló erővel rendelkező tudományos leírást kapunk (termodinamika).

A természet alaptörvénye- a magára hagyott rendszer (a reservoir környezetben lévő rendszer) különbözősége a környezetétől csak csökkenhet.

(A termodinamikában ezt a törvényt II. főtételnek nevezik, és a szokásos megfogalmazása „Hő nem megy magától a hidegebb helyről a melegebb helyre”. Beláthatjuk, hogy a két megfogalmazás tartalmilag azonos, csak a forma különbözik. Vagy mindkettő igaz, vagy egyik sem igaz.). Ha nem igaz a II. főtétel, akkor nem igaz a különbözőség csökkenése- és fordítva, ha bármelyik különbözőség magától nőhetne, akkor azzal el lehetne érni, hogy semmi más változás ne legyen, mint az hogy a hideg lehül, és a melegebb rendszer melegszik.

Ez azt sugallja, hogy a különbségek összeadhatók, és a természet a rendszer teljes különbözőségét érzékeli és – ez az ami csökken. A különbözőséget extrópiának nevezzük – és

Az extrópia bevezetéséhez a tapasztalatainkat kell megfelelő formában felírni:

A tapasztalat (és a megfogalmazott főtétel) azt mondja ki, hogy ha egy T_0 hőmérsékletű környezetbe helyezett T hőmérsékletű test hőt ad le, ha T nagyobb, mint T_0 , és hőt vesz fel, ha $T < T_0$. Legyen Q a felvett hő, ha $Q > 0$, és a leadott hő, ha $Q < 0$, ezzel a fenti szabály (a II. főtétel) erre az esetre, amikor csak hőmérsékletkülönbség van – és csak hőáram lehetséges- matematikailag felírható:

$$(T_0 - T) Q \geq 0$$

A fizika lényege az egyszerűség és általánosság, ezért a fenti kifejezést egy kissé bonyolultabban átírjuk.

Az I. főtétel szerint a hőközlés és a munkavégzés összege a belső energia (U) megváltozása. Esetünkben a munkavégzés zérus, és így a hőközlés megegyezik a belsőenergia megváltozásával, azaz $Q = dU$. A hőmérséklet helyett pedig a reciprokhőmérsékletet használjuk, ezzel

$$(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}) dU \leq 0$$

Amikor nyomás, feszültség vagy koncentrációkülönbség van, akkor már a fenti egyszerű összefüggés nem igaz, de egy általánosabb mértéket kaphatunk.

Először is, ha csak nyomáskülönbség van, akkor a térfogatváltozásra egy analóg egyenlőtlenség igaz. A nagyobb nyomású rendszer térfogata növekszik, azaz ha a test nyomása nagyobb, mint a környezeté- akkor a test csak kitágulhat (ha nincs más hatás), azaz

$$(p_0 - p) dV \leq 0$$

Itt értelemszerűen p_0 a környezet és p a test nyomása, V a test térfogata.

Ha nincs hőmérsékletkülönbség, akkor $T = T_0$, a fenti összefüggés átírható, mint

$$(\frac{p_0}{T_0} - \frac{p}{T}) dV \leq 0$$

Amikor nyomás és hőmérséklet különbség egyszerre van jelen, akkor önmagában egyik egyenlőtlenség sem igaz, abban az értelemben, hogy előfordulhat, hogy a nyomáskülönbség hatására hőmérséklet különbség keletkezhet. A két egyenlőtlenség összegének viszont teljesíteni kell már az egyenlőtlenséget.

$$(\Delta/T_0 - \Delta/T) dU + (p_0/T_0 - p/T) dV \leq 0$$

Ha ez az összefüggés sérülhetne, akkor nem lenne igaz az, hogy hő nem megy magától az alacsonyabb hőmérsékletű testből a magasabb hőmérsékletű testbe. A valóságban további tagokat is fel lehet írni. A feszültségre, koncentrációkülönbségre, sebesség különbségre hasonló egyenlőtlenség írható fel. Jellemző extenzívnek nevezzük azt a mennyiséget, amely a különbség kiegyenlítődéskor a test és környezet között áramlik, ez a sebesség különbségnél az impulzus, a feszültségnél az elektromos töltés, és a koncentráció különbségnél az anyag mennyiség.

A feszültségre, koncentrációkülönbségre, sebesség különbségre hasonló egyenlőtlenség írható fel. Jellemző extenzívnek nevezzük azt a mennyiséget, amely a különbség kiegyenlítődéskor a test és környezet között áramlik, ez a sebesség különbségnél az impulzus, a feszültségnél az elektromos töltés, és a koncentráció különbségnél az anyag mennyiség.

Minden rendszert jellemezhetünk egy mennyiséggel, amit extrópiának nevezünk. Az extrópiát úgy számítjuk ki, hogy a különbségeket megszorozzuk a jellemző extenzív mennyiség értékével. És összegezzük a tagokat. Az eredmény nem lehet negatív. Zérus lesz akkor, és csak akkor ha nincs különbség.

3.2.1. Az extrópia tulajdonságai. Az extrópia a környezet és a test (rendszer) tulajdonságaitól is függ. (T_0 , p_0 a környezet hőmérséklete és nyomása. Pontosabban, az adott környezetben fellépő egyensúlyi állapothoz tartozó egyensúlyi hőmérsékletet és nyomást jelzi. Izoláció (szigetelés mellett) nem a környezeti, hanem az egyensúlyi hőmérséklet jelenik meg.)

Még egy kérdést kell itt tisztázni, a földi valódi környezet helyett egy idealizált, egyszerű környezetet vizsgálhatunk. A valódi (reális környezetet) úgy tekintjük, mint egy állandó hőmérsékletű, nyomású tartályt, és az ettől való eltéréseket, mint rendszereket tekintjük. Csak az rendszer, ami megkülönböztethető ettől a reservoir környezettől. A reservoir környezetről feltehetjük, hogy nagy, tehát a hőmérséklete és nyomása, az anyagok koncentrációja nem változik a vizsgált testtel való kölcsönhatásba. Nem kell azonban feltenni, hogy ez a reservoir környezet időben nem változik, a T_0 és a p_0 időfüggő is lehet, csak ez az időfüggés a reservoirban lévő test vizsgálatánál externális időfüggés.

Az extrópia egy entrópia-jellegű mennyiség, a mértékegysége szintén kJ/K, és annak kifejezésére szolgál, hogy mennyire különbözik a rendszer a környezetétől, milyen távol van a rendszer egyensúlyi állapotától.

A szemléletes jelentésén kívül az extrópia használatának másik előnye, hogy a numerikus értéke valódi problémáknál viszonylag egyszerűen meghatározható, a számításához szükséges adatok hozzáférhetőek, és közelítő számításokat könnyű végezni, mert megfelelő felírásban csupa pozitív tag összegeként állítható elő, ezért a becslésnél általában elegendő a legnagyobb tagot megvizsgálni. Az „energiahorodók” osztályozhatókká válnak az extrópiával. Állandó hőmérsékletű környezetben az extrópia megadja, hogy egy rendszer mennyi lehetőséget rejt még magában az energiahasznosítás, munkavégzés szempontjából, vagy mennyi munkával állítható elő az állapot. A maximális kinyerhető munka – az irodalom ezt exergiának nevezik – az extrópia és a hőmérséklet szorzata. $L = T A$ villanyenergia teljesítménye az

áram szorozva a feszültséggel. Termodinamikai leírásban a jellemző extenzív a töltés, és ennek árama az elektromos áram, a feszültség pedig a jellemző potenciál különbség. Ezért delta kW elektromos teljesítmény delta kW/300 K = 3.3 W/K extrópia áramot jelent. Hasonlóan delta kJ mechanikai energia 3,3 J/K extrópiát ad. A kiszámításához a jellemző extenzív az impulzus (lendület) a különbség pedig a sebesség (különbség).

A szén (pécsi) fűtőértéke kilónként 2,7 MJ, ez a szénben kémiai formában van jelen, azaz ez 90 kJ/K extrópia, ha elégetjük a kazánban a hőmérséklet delta000-delta200 C, a keletkező hő extrópiája a hőenergia szorozva a Kelvinben mért hőmérséklet különbségekkel, azaz 2,7 MJ* (delta/300 – delta/delta500) = 72 MJ/K Azonban a hasznosításban ezzel a hővel túlhevített gőzt állítanak elő – és tipikus túlhevített gőz hőmérséklete 350-450 C. A 2,7 MJ hőenergiájú gőz extrópiája már csak 2,7 * (delta/300-delta/700) MJ/K=90*4/7 = 52 kJ/K. Ebből elvileg 52 kJ/K villanyenergia lehetne, de ez csak egy végtelenül lassan végbemenő átalakításnál valósulna meg. Optimális teljesítmény mellett ebből delta7 kJ/K villanyenergia állítható elő és kb. delta,8 MJ hőenergia 70 C hőmérsékleten. Ennek extrópiája delta2 kJ/K.

Nézzük meg most az energia felhasználás fontos területét. Magyarországon a teljes energia felhasználás 20%-a fűtésre és víz melegítésre fordítódik. A szoba melegítésekor a levegő hőmérséklete nő, és így a szoba távolodik az egyensúlyi állapottól, amikor is a belső hőmérséklet megegyezik a külsővel. Az . Ábrán bemutatjuk a szoba levegőjének az extrópiáját a hőmérséklet függvényében, a környezetnél kisebb hőmérséklet a hűtést jelenti.

.ábra futes.jpg

Ha -3 fokon a szobát delta kW-tal kell fűteni, ez azt jelenti, hogy delta kW(delta/270 – delta/293) = 0,3 W/K extrópiát kell betáplálni. Nagyon nem gazdaságos villanyal melegíteni, mert az delta kW villany delta/300= 3 W/K extrópiát jelent., Tízszer annyi extrópiát használunk fel, mint amennyi szükséges. Hőszivattyús fűtőrendszerrel delta kW villanyárammal 4 kW-nyi hőt lehet produkálni. Hasonlóan gazdaságtalan a gázfűtés, Az delta kiló Joule fűtőértékű gáz, ha az égési hőmérséklete delta600 C (ez a gáztűzhely lángjának a hőmérséklete), Tehát delta kJ gázenergia delta*(delta/300-delta/delta900) = 2,8 J/K extrópiát hordoz. Ekkor is közel tízszer annyi extrópiát használunk, mint amennyi szükséges.

A következtetést levonhatjuk. A hőerőgépes energia termelés határfoka alacsony delta7 kJ/K elektromos extrópiát 90 kJ/K extrópiájú gázból állítjuk elő, a hatásfok delta7/90=0,077 azaz 7,7%. (Ez a felső határ, a technika problémák csak csökkenthetik ezt az értéket.). Jelenleg ismert technológiák közül azonban még nincs jobb. További kutatások talán adnak más megoldást, viszont van ami már ma is lehetséges. A villanytermelésnél keletkező hulladék hő jelentős extrópiával rendelkezik, ami felhasználható fűtésre és meleg víz ellátásra. Ehhez biztosítani kellene, hogy ne építsünk erőművet távfűtés nélkül, és ne építsünk fűtőművet villanyenergia előállítás nélkül. Ezzel a megoldással Magyarország energia fogyasztása delta0-20%-kal csökkenthető lenne.

3.2.2. Az extrópia változása. Az extrópikus leírásban a termodinamikailag nyílt rendszereket két fontos osztályba sorolhatjuk: passzív rendszer – egyensúlyi környezetben lévő rendszer – lehet izolált, vagy hőmérséklet reservoir, vagy nyomás reservoir, vagy hőmérséklet és nyomás reservoir, vagy hőmérséklet, nyomás és kémiai potenciál reservoir. aktív rendszer – más (nem egyensúlyi rendszerekből) importál energiát és/vagy anyagot.

„A passzív rendszer nem kap extrópiát, ezért folyamatosan közeledik a környezet és a rendszer paraméterei által meghatározott egyensúlyi állapothoz. Az aktív rendszerek a többi nemegyensúlyi rendszerből (például a Föld a Naptól) kaphatnak extrópiát, és ezért távolodhatnak is az egyensúlytól.

Másik oldalról egy izolált rendszer lehetőségeit, jövőbeni változásait az extrópia adja meg. Az S entrópia a rendszerben az eddig már lezajlott változások mértékét adja meg. Az entrópia változás az entrópiatermelések összege, a megtörtént változások eredménye. Az entrópia a megtörtént, a végbement változások mennyiségének mérőszáma, ám az ember, a gazdaság számára sohasem az elmúlt, hanem a jövő lehetőségei az érdekesek. Olyan, mint az elköltött pénz, amely a múltbéli gazdasági aktivitásunkat méri. Számunkra nem az elköltött, hanem a rendelkezésünkre álló, az elkölthető pénz a fontos. A fizikától is azt kérdezzük, hogy milyen lehetőségeink vannak a változásokra, mit tehetünk és nem azt, hogy mit nem tehetünk. Azonban az ember számára a jövő az érdekes, József Attila szavaival:

"Csak ami nincs, annak van bokra, csak ami lesz, az a virág, ami van, széthull darabokra. ..." (Eszmélet)

Az extrópia egy entrópia-jellegű mennyiség, amely annak kifejezésére szolgál, hogy milyen távol van a rendszer egyensúlyi állapotától: mekkora annak az entrópia-termelésnek a mértéke, amely abból származna, ha a rendszer jelenlegi állapotából a környezettel való egyensúlyra jutna. Így tehát az extrópia a rendszer és környezet egyensúlyi entrópiájának és aktuális entrópiájának különbsége. Az extrópia segít kézzelfoghatóvá tenni számunkra, hogy egy termodinamikai rendszer mennyi lehetőséget rejt még magában az energiahasznosítás, munkavégzés szempontjából, másfelől annak kifejezésére is szolgál, hogy egy rendszer milyen mértékben különül el környezetétől. Minél közelebb van az extrópia értéke a zérushoz, annál inkább beleolvad a rendszer a környezetébe, ha pedig ez az érték eléri a nullát, a rendszer és környezete energetikailag megkülönböztethetetlenekké válnak. Emellett az extrópia, a statisztikus fizika szemléletével dolgozva, (ahol az entrópia a rendszer rendezetlenségét jellemzi) a rendezettség mértékéül szolgál (amennyiben a teljes rendezetlenséghez hasonlítjuk), hiszen az egyensúlyi állapothoz képest vett negatív entrópiaként számítjuk. A termikus egyensúly állapota a fenti definíció szerint megegyezik a nulla extrópiájú állapottal, amelyet az Univerzum esetén tehát hőhalálnak nevezünk. A régi állítások most úgy fogalmazhatók át, hogy ha egy rendszer extrópiája csökken, akkor az közeledik az egyensúlyi állapothoz. Amikor a rendszer extrópiája növekszik, akkor a rendszer távolodik az egyensúlytól. Ez az amit általában fejlődésnek érzünk. A Föld a Naptól $4 \cdot 10^{21}$ J/K extrópiát kap másodpercenként, azaz ennyivel távolodna el az egyensúlyi állapottól, ha nem lennének kiegyenlítődési folyamatok. (Ez delta millió tonna szénnek felel meg). Állandósult állapotban el kell fogyasztani a bejövő extrópiát. Gaia azért hozta létre a nemegyensúlyi rendszereket a Földön, hogy az ezekben végbemenő folyamatok felhasználják a Naptól jövő extrópiát. Ebben a vonatkoztatásban az emberiség feladata az, hogy extrópiát fogyasszon, azaz entrópiát termeljen. De nem mindegy, hogy miből, mennyit és hogyan. Gaia számára nem vagyunk fontosak. A Földön az emberiség, a gazdaság nélkül is kialakulhat egy stacioner állapot, azaz egy olyan nemegyensúlyi állapot, amelynek fenntartásához a Naptól jövő extrópia szükséges. Gaia lehetővé tette (és lehetővé teszi), hogy ezen extrópia egy részével mi gazdálkodjunk. Ki kell lesni Gaia titkát, milyen lehetőséget biztosít számunkra. Meg kell ismernünk, hogy Gaia mennyi extrópiát ad számunkra. Ha kevesebbet használunk fel, akkor szegényebbek

leszünk annál, mint amilyenek lehetőségeink alapján lehetnénk. Ha többet, akkor a jövőnket esszük meg. A jövő generáció lehetőségeit csökkentjük.

Az ember nemegyensúlyi rendszer, állandóan csökken az extrópiánk. Az állandósult állapotot a tápanyagfelvétel biztosítja. A felnőtt ember minimális felvétele napi 3 MJ kémiai energia (exergia), s ez $\Delta 0$ kJ/K extrópia felvételnek felel meg. A hőleadásunk ekkor szintén 3 MJ naponta, de ez csak $\Delta 0 \cdot (\Delta - 300 / \Delta 0) = 0,3 \text{ kJ/K}$ extrópia csökkenést jelent. Az extrópia zömét a szervezetünk újra felépítésére fordítjuk.

Az ember tevékenysége termodinamikai szempontból az extrópia megszerzése, felvétele és elfogyasztása.

Az élelmiszerek extrópia tartalmát az . táblázat tartalmazza

Az élelmiszerek azért értékesek számunkra, mert biztosítják az extrópia igényünket. Aminek gazdasági értéke van annak extrópiája is, van, sőt általában igaz, hogy minél nagyobb az extrópia annál nagyobb az érték. Ha zérus az extrópia -azaz megkülönböztethetetlen az egyensúlyi környezettől) akkor a dolognak nincs gazdasági értéke. Minél nagyobb az extrópia annál nagyobb a gazdasági érték.

3.2.3. Az extrópia és az érték. Ebből egy tetszetős elmélet építhető. Az érték arányos az extrópiával. Különböző utakon nagyon sokan javasoltak ilyen elméletet. Többek között Jankovich Béla, aki 1908-ban a Közgazdasági Szemle hasábjain érvelt az érték termodinamikai megalapozása mellett. A gazdaság azonban nem vezethető vissza tisztán fizikai folyamatokra, az extrópia nem a gazdasági érték, csak egy fontos összetevője. Az extrópia nem lehet a gazdasági érték mérője

A lehetetlenség bizonyítását legegyszerűbben úgy végezhetjük el, hogy feltesszük, hogy az érték visszavezethető az extrópiára. Az extrópia alapú értékszubsztancia elméletben feltesszük, hogy egy jószág gazdasági értéke az extrópiájával arányos. Az előnyt egy ilyen képnek rögtön beláthatjuk, hiszen így egy objektív értéket kapunk, és a gazdaság tervezhetővé válik. Az extrópikus vagyon a szereplő által birtokolt és a pénze alapján várhatóan megvásárolható extrópia mennyisége. Ha ez helyes lenne, akkor a gazdaság egyszerűen megtervezhető lenne, és nem lenne szükség piacra és pénzre sem. Hasonlóan a munkaérték-elmülethez, nem gazdasági tényezők határoznák meg az értéket.

Sajnos, a gazdaság nem ilyen egyszerű, az érték nem arányos az extrópiával. Az elmélet tarthatatlansága egyszerű példákon is belátható. Az élelmiszer táblázatunk is mutatja, hogy az árak nem arányosak az extrópiával, de egy másik példa a bor. Az érlelt óbor extrópiája kisebb, mint az új boré – de az értéke nagyobb.

Az extrópikus értékelmélet következményei:

Egy gazdasági szereplő kereskedik (extrópiát cserél) és/vagy termel. Ha nem termel, és nem kereskedik, akkor a teljes extrópiája csökken a fogyasztás és a természetes degradáció következtében. . Aki nem csinál semmit, az tönkre megy. A passzív rendszer vagyona állandóan csökken. Csak a pénzben lévő vagyon marad meg, feltéve, hogy nincs infláció. Ez a következtetés elég jól megfelel a gazdasági tapasztalatoknak. Dolgoznunk kell, hogy életben maradhassunk.

A kereskedelem (ha nem hanyagoljuk el a csökkenést) akkor csökken az extrópia, de első közelítésben azt is mondhatjuk, hogy nem változik. Ezért a kereskedelem legfeljebb az egyik félnek jelenthet vagyon növekedést. Csak akkor lehet vagyon (extrópia) növekedés, ha kizsákmányoljuk a másik felet. Több extrópiáért kevesebbet adunk. A vagyonunk csak úgy növekedhet, ha azt másoktól (a természettől) elvesszük.

A termelést már nehezebb értelmezni. Minden termelés, mint minden reális folyamat extra extrópia csökkenést jelent. Az outputok extrópiája mindig kisebb, mint az inputoké. Minél többet dolgozunk, annál kisebb lesz az extrópia, azaz annál szegényebbek leszünk! A gazdaság extrópia bemenetét a természet biztosítja. A kitermelés (bányászat) és a mezőgazdaság a természetből extrópiát hoz be a gazdasági szférába – de minden további átalakítás extrópia csökkentő.

Csak az extrópia elvétel jelent vagyonnövekedést. A természettől vesszük el. De minden átalakítás további csökkenést jelent. Minél többet dolgozunk, annál szegényebbek leszünk. Azért dolgozunk tehát, hogy csökkentsük az extrópiát – de ez munka nélkül is bekövetkezne. Hiszen minden tevékenységünk az extrópia csökkentésével jár együtt, és az extrópia magától is csökken. Az emberi munka és a gazdaság nem mond ellent a II. Főtételnek, csak értelmetlennek tűnik.

Ha ragaszkodunk ahhoz, hogy a gazdasági tevékenység értelmes, akkor az extrópia alapú értékelméletet el kell vetnünk. Az extrópia nem lehet a gazdasági érték mérője. A különböző típusú extrópiáknak más és más kell, hogy legyen az értéke. A bevezetőben említett példa már jelezte, hogy az újbor egységnyi extrópiája kevesebb értéket jelent, mint a nemes óbor egységnyi extrópiája.

A termodinamikai és a gazdasági racionalitás ellentmondása eltűnik, ha beépítjük az elméletbe azt a tapasztalatot, hogy a különböző extrópiákat másként értékeljük. Amit fel tudunk használni (megehető), vagy amivel újabb extrópiát szerezhethetünk - az értékes. Amíg nem ismerjük a felhasználásának módját, addig az értéktelen.

Az érték függ az extrópiától, de az extrópia önmagában nem határozhatja meg az értéket. Az értéket az ember rendeli a dologhoz. Kell még egy szubjektum, aki számára ez az állapot hasznos. Más és más ember más és más értéket rendelhet ugyanahhoz a nemegyensúlyi állapothoz. Egy tárgy által megtestesített gazdagság függ a tárgy extrópiájától, de függ attól is, hogy kié a tárgy, a tulajdonos (birtokló) elvárásaitól, tudásától, és természetesen függ attól is, hogy mi a tárgy maga, milyen formában jelentkezik az extrópia.

A gazdagság és az extrópia kapcsolatát egy részletesebb elemzés adja meg, de először még az információ és az extrópia kapcsolatát mutatjuk be. .

3.2.4. Extrópia és entrópia . Az entrópia és az extrópia között ez az alapvető különbség. Az entrópia egy abszolút mérőszám. Egy rendszer (test) entrópiája a rendszerre jellemző, függetlenül attól, hogy milyen környezetben van. A környezet csak a változásokat fogja befolyásolni. Ezért van az, hogy az entrópia számértéke önmagában nem mond semmit a változásokról.

Az entrópia és az extrópia nem független egymástól, az extrópia felírható az entrópiával is, mivel az entrópia

$$S = \frac{\Delta U}{T} + \frac{p}{T} V + \dots$$

$$\text{ezért } P_{\text{ui}} = \frac{\Delta U}{T_0} + \left(\frac{p_0}{T_0}\right) V - S \dots$$

Különbség az előjelben van – izolált rendszerben (amikor U és V állandó) az extrópia változás az entrópia változás negatívja. Izolált rendszerben az entrópia és az extrópia összege állandó, megegyezik az egyensúlyi entrópia értékével. Az extrópia számértéke a rendszer nemegyensúlyiságát, az egyensúlytól való távolságot méri. Amikor egyensúlyi az rendszer, akkor az extrópia zérus. Nem izolált rendszerben is megmarad a jelentés. Az extrópia akkor zérus, amikor a rendszer és a környezet között nincs különbség, azaz egyensúlyban vannak. Azonban az entrópia változás és az extrópia változás között már nincs egyértelmű kapcsolat. Például, amikor a

szobában lévő forró tea lehül, akkor csökken az entrópiája és csökken az extrópiája- de amikor a hideg sör felmelegszik, akkor nő az entrópiája, de az extrópiája csökken.

Az extrópiikus kép idegen a klasszikus (egyensúlyi termodinamika) szempontjából. A különbség a termodinamikai rendszer definíciójában van és a termodinamikai rendszerek osztályozásában van. Az alap jellemzés a rendszer önmagában való leírása. A klasszikus termodinamika az entrópia változás alapján 3 rendszer típust különböztet meg: izolált rendszer- ennek az entrópiája csak növekedhet $dS > = 0$ zártrendszer (nincs anyag áramlás és munkavégzés), ekkor az entrópia változás egyszerűen felírható $dS > = dQ/T$ nyíltrendszer (anyagáramlás és/vagy munkavégzés is lehetséges, ekkor az entrópia változás tetszőleges lehet, azaz $dS < = > 0$

A termodinamika gazdasági alkalmazásának nehézsége érthető a fenti rendszer osztályozás alapján. A gazdaságban az első két rendszer típus nem fordul elő (vagy nem jellemző). Gyakorlatilag csak nyílt rendszerek vannak, és ezekre a termodinamikai jóslat klasszikusan annyi, hogy az entrópiájuk vagy növekszik vagy csökken vagy nem változik.

3.2.5. Munkavégző képesség -exergia. A munkavégzőképesség pontos megfogalmazása

delta. kérdés: Mennyi delta liter, delta 00 oC hőmérsékletű víz munkavégző-képessége, azaz maximum mennyi munka nyerhető ki 20 oC-os (Tdelta = 293 K) környezetben?

Válasz: Ha ideális gépet működtetünk a két hőmérséklet között, akkor $dL = dQ(Tdelta/T)$ munkavégzés közben a test hőmérséklete $dT = dQ/C$ -vel csökken, ahol C a fajhő. Ezért: $dL = C(deltadelta/T)dT$. A teljes munkavégzés:

$L_{max} = C(deltadelta/T)dT = C(Tdelta - T_0) + Tdelta \ln(T_0/Tdelta) C(Tdelta - T_0)^2/Tdelta$.

A munkavégző-képesség mindig pozitív, ha van hőmérséklet-különbség a rendszer és a környezete között. A másik átalakítási forma: Reverzibilis folyamatban $dQ = TdS$, azaz $dL = (T-Tdelta)dS$, ahol S az entrópia?.

2. kérdés: Mennyi delta liter, 2 atmoszféra nyomású gáz munkavégző-képessége, azaz maximum mennyi munka nyerhető ki delta atmoszféra környezetben?

Válasz: Ha ideális gépet működtetünk, akkor $dL = dV(pdelta)$ munkavégzés közben a test nyomása $dp = p^2/(RT)dV$ -vel csökken, ezzel $dL = (delta/RT)(ppdelta)/p^2 dp$. A teljes munkavégzés:

$L_{max} = \sum (delta/RT)(ppdelta)/p^2 dp = V_0(?pdelta p_0) + pdelta \ln(p_0/pdelta) V_0 (pdelta p_0)^2/pdelta$.

A munkavégző-képesség mindig pozitív, ha van nyomáskülönbség a rendszer és a környezete között. A másik átalakítási forma: Reverzibilis folyamatban $dQ = TdS$, azaz $dL = (ppdelta)dV$.

Az általános alak: Legyen Y_i az i-edik intenzív mennyiség, X_i az i-edik extenzív mennyiség a rendszerben, és Y_{i0} az i-edik intenzív mennyiség a környezetben! Ekkor a maximális kivehető/kinyerhető? munka:

$$L_{max} = \sum (Y_i Y_{i0}) dX_i$$

Zoran Rant delta 956-ban javasolta, hogy a rendszerből kinyerhető maximális munkát nevezzük el exergiának. $B = L_{max}$, ezzel

$$dB = Y_{i0} dX_i$$

Amikor a testnek mechanikai energiája is van, akkor legyen v a sebessége, m a tömege, r a helyvektora ekkor :

$$B = (m/2)v^2 + V^*(r) + \sum (Y_{i0})X_i$$

A $V^*(r)$ azt a potenciál-választást jelenti, amikor $V^*(r_{\min}) = 0$. ahol r_{\min} a minimális potenciálú hely helyvektore.

Az exergia jellemzői:

Az exergia tehát a rendszerből adott K környezet mellett maximálisan kinyerhető munka. $B, B = 0$ azt jelenti, hogy a rendszer egyensúlyban van a környezetével. ΔB átalakítható munkavégzésre, $L B$. 2. B mindig csökken, növelni csak úgy lehet, hogy munkát végzünk a rendszeren. 3. Numerikusan meghatározható.

Amikor a köznyelvben energiahordozókról beszélünk, akkor felhasználható energiahordozókra gondolunk. Az exergia kifejezésben megjelenő tagok formáját fejezi ki a név. A hőmérséklet különbségből származó munkavégzőképesség a termikus energia, az elektromos feszültség különbségből származó munkavégzőképesség az elektromos energia, kémiai potenciál különbségből származó munkavégzőképesség a kémiai energia,

3.2.6. Információ. Az egyik leginkább általánosított emberi cselekvésforma a döntés: választási lehetőségek közül. Döntéshez, tehát a választáshoz mindig ismeretekre van szükség. Önmagában már az is ismeret, hogy tudjuk a választási lehetőségeink számát, és az információelmélet még mennyiségi meghatározásra is lehetőséget nyújt. Amikor megtudunk valamit, értesülünk valamiről, ismeretanyagot szerzünk, akkor információhoz jutunk. Az információ tehát hír, értesülés. Fontos jellemzője az, hogy olyan híreket közöl velünk, amiről eddig nem tudtunk. Az információ tehát új ismeretet jelent. Információról csak akkor beszélhetünk, ha az eljutott a címzetthez, és a fogadó megértette azt, amit cselekedeteivel, magatartásával vagy újabb információ közlésével igazol vissza. Nem tekinthető tehát információnak egy olyan hír, amelyet a fogadó nem ért meg (például azért, mert olyan nyelven érkezett, amelyet nem beszél). A XX. századi tudomány nagy eredménye az információ objektív vonásának felismerése. Az információ fogalmát két értelemben - adat és tudás - használjuk. A tudás (még?) nem mérhető, míg az adat információja, mint egy jelsorozat információja bitben mérhető. Az emberiség története az információ kódolásának, megőrzésének fejlődésével is jellemezhető. A távközlés fejlődésével a legfontosabb kérdés - nagyon leegyszerűsítve - így hangzott: hogyan lehet egy üzenetet egy csatornán a leggazdaságosabban és a legmegbízhatóbban továbbítani? Válaszként - részeredményeket hozó kutatások után - megszületett a shannoni információelmélet. S mint nagyon sokszor a tudomány történetében, most is kiderült, hogy az elmélet sokkal átfogóbb, mint ahogy első látásra tűnne, és egymástól távol eső jelenségekre is alkalmazható.

Döntő felismerése az volt - s ez a felismerés szolgált a shannoni elmélet alapjául is -, hogy az információról, ahhoz hogy mérni lehessen, le kell hámozni mindent, ami szubjektív, s ami végeredményben egy üzenetet az ember számára értékesé tesz: a jelentést s csak fizikai formáját kell vizsgálni. A közlési folyamat lényege - ezt is Hartley fogalmazta meg elsőként -, hogy az adó a rendelkezésére álló jelkészletből rendre jeleket választ ki, s azokból sorozatokat, "üzeneteket" állít össze. A jelsorozat információja azzal jellemezhető, hogy a jelsorozat hatására a nem-tudásunk mennyire csökken. A lottó húzás előtt a nem tudásunk mértéke az, a 90 szám közül melyik lesz az öt kihúzott. Shannon megmutatta, hogy ez a nem tudás csökkenés kvantitatívan az alábbi mennyiséggel, a shannon-i entrópiával jellemezhető:-i definícióval:

$$I = -\sum p_i \log_2 p_i.$$

ahol p_i az i -dik jel előfordulásának valószínűsége. azaz egy jelsorozat információ tartalma az egyes jelek valószínűségének logaritmusával arányos. A Shannon-i entrópia megadja, hogy barmókbázva, azaz hány igen-nem kérdéssel kaphatjuk meg a választ.

delta.3.2. Információ és entrópia

Statisztikus fizikában az entrópiát a Boltzmann formulával határozzuk meg,

$$S = k_B \log W$$

ahol k_B a Boltzmann állandó, és W a termodinamikai valószínűség, azaz az adott makroállapothoz tartozó mikroállapotok száma. Az entrópia megadja a nem-tudásunkat a mikroállapotokról. Annyit tudunk, hogy $\exp(S/k_B)$ a rendszer lehetséges mikroállapotainak száma, és a rendszer ezek közül bármelyikben lehet. A termodinamikai valószínűséget átírva az entrópia,

$$S = k_B \sum p_i \ln p_i$$

alakban írható fel, ahol p_i az i -dik állapot valószínűsége. A két képlet formailag megegyezik, egy konstans szorzó erejéig. A két képlet tartalmilag azonban csak akkor egyezik meg, ha a p_i a két kifejezésben ugyanazt jelenti. A jelsorozat a mikroállapotot azonosítja. Ha azt a kérdést tesszük fel, hogy mennyi információ kell egy adott S entrópiájú állapotban lévő rendszer aktuális mikroállapotának meghatározásához, akkor az

$$I = S / (k_B \ln 2)$$

összefüggés megadja, hogy hány bit információra van szükség. Például egy mól ideális gáz entrópiája durván (ha a logaritmusos tagot k_B -nek vesszük) $S = k_B N \ln 2$. A gáz mikroállapotának megismeréséhez szükséges információ $I = S / (k_B \ln 2) = N \ln 2$ bit. Az ember információ feldolgozó kapacitása kisebb, mint 10^4 bit/s. A világegyetem életkora nem elegendő ahhoz, hogy ember megismerjen egy mól ideális gázt. Az entrópia a nem-tudásunkat jellemzi. Megmutatja, hogy a rendszer makroállapotának ismerete mennyire nem definiálja még a rendszer mikroállapotát. Amikor a rendszer nincs egyensúlyi állapotban, akkor $S < S_0$. Az egyensúlyi állapotban $I_0 = S_0 / (k_B \ln 2)$

információ hiányzik a mikroállapot azonosításhoz, míg az aktuális állapotban

$$I = S / (k_B \ln 2)$$

a hiányzó információ. A különbség a Brillouin féle negentrópia, N

$$I_0 - I = S_0 / (k_B \ln 2) - S / (k_B \ln 2) = N / (k_B \ln 2)$$

azaz

$$N = S_0 - S$$

A Brillouin féle negentrópia N osztva $(k_B \ln 2)$ -vel megadja azt, hogy az adott nem-egyensúlyi állapot mennyi információt tartalmaz a mikroállapotokra nézve, azaz mennyivel csökkent a nem-tudásunk azzal, hogy megismertük a nem-egyensúlyi állapotot. Izolált rendszerek viselkedésnek jellemzésére a Brillouin féle negentrópia nagyon jól használható. Nagy hátránya, hogy valódi rendszerekre lehetetlen a kiszámítása, vagy akár a nagyságrendi becslése. A II. főtétel statisztikus értelmezésének lényegét metaforikusan azzal fogalmazzuk meg, hogy a rendezetlenség magától nő, a rendhez munkát kell befektetni. Ez a megfogalmazás nagyon lényeges természeti tulajdonságot fogalmaz meg, de csak egy analógia. Nem szabad túl komolyan venni. A rend- rendezetlenség megkülönböztetés szubjektív. Ami az egyik embernek rend, az lehet a másiknak rendezetlenség. Amikor „rendet raktam” fiam autói között, ő elszörnyedt. „Valaki összekeverte autóimat”. A természet rendje- rendezetlensége nem az emberi rendezetlenség.

Egy régi tanmesével illusztráljuk a természeti rendetlenség lényegét. . "Egy napos délelőttön egy fiatal ember kereste fel a falu rabbiját. - Rabbi! Nagyon szegyenlem magam. Meg tudsz bocsátani? - Miért fiam? - Beszennyeztem a nevedet. Rossz dolgokat mondtam rólad. A rabbi gondolkodott, és végül azt mondta. - Megbocsátok, de ehhez két dolgot kell megtenned. - Bármilyen is legyen az, megteszem. - Vegyél ki két párnát az ágyadból, vidd fel a domb tetejére azokat. Napnyugtakor vágd fel a párnákat és hagyd, hogy a szél elvigye a tollakat. A fiatal ember meglepődött. A párnák nem voltak túl drágák akkor sem, de a rabbi parancsa az szent. Gyorsan hazarohant, kivette a párnákat az ágyából. Felrohant a dombra. Napnyugtakor kivágta a párnákat, és gyönyörködve nézte a lebegő tollakat. Másnap reggel újra a rabbihoz sietett. - Szétszórtam a párnákat. Te azt mondtad, hogy két dolgot kell megtennem. Mi a második? - Igen fiam, van még egy feladat. Menj, és vedd a párnákat, és töltsd meg őket ugyanazokkal a tollakkal amelyek korábban benne voltak. - Ez lehetetlen. - Igen fiam, ez lehetetlen. És mondd, ez nagyon más, mint amit te tettél? A te történetedet sem lehet nyomom követni és visszatenni a zsákba. A fiú elszégyellte magát, és bocsánatért esdekelt. A rabbi megáldotta és megbocsátott neki."

Ez a régi tanmese az emberi viselkedés egyik fontos törvényét - a folyamatok visszafordíthatatlanságát - világítja meg egy fizikai példázattal. A fizikai megfordíthatatlanság a Termodinamika II. Főtétele, avagy az entrópia növekedési elve. A toll szétszóródik ez lesz az egyensúlyi állapot. (Nagyon hosszú ideig várva a tollak is lebomlanak, és eltűnnek) Az egyensúlyhoz közeledés az extrópia csökkenés elve.

A valóságban a büntetésül kirótt feladat legalábbis elvileg megoldható. Össze lehet gyűjteni a tollpihéket, csak nem érdemes. Megkérdezhetjük a fizikát, hogy minimálisan mennyi munkával lehetne a tollak összegyűjtését elvégezni. Tervezhetünk-e olyan gépet, amelyik magától összegyűjti a tollpihéket. Aegy ilyen gép létezése felül írná a II. főtételt. A működésének elemzése viszont a természet csodálatos egységét mutatja be. A (nem létező) gépet Maxwell démonnak nevezzük. Maxwell vezette be a róla elnevezett démont, ami eredetileg ellenpéldája volt a II. főtétel érvényességének.

delta.3.3. Maxwell démon

Vegyünk egy gáztartályt, ami egy fallal ketté van osztva. A falon legyen egy kis ajtóval zárható nyílás. Ezt a kaput kezelje egy kapuőr, ami lehet egy emberszabású démon, vagy egy mechanizmus. Ha egy, az átlagosnál nagyobb sebességű részecske közeledik a kapuhoz az A részből, akkor a démon kinyitja a kaput, és a részecske átmegy. Hasonlóképpen, ha a B részből egy, az átlagosnál kisebb sebességű részecske közeledik, azt átengedi az A részbe. Fordított esetben becsukja az ajtót. Egy idő múlva a B részben megnő a nagy sebességű részecskék koncentrációja, az A részben lecsökken. Magától (a démontól) kialakult egy hőmérséklet különbség, lecsökkent az entrópia.

Mi sem könnyebb, mint a II. főtételre hivatkozva tagadni a démon létezését. Valóban igaz, hogy nem létezik, de ha lemondunk a részletes bizonyításról, akkor egy csodálatos lehetőséget mulasztunk el, hogy megtudjunk valamit a II. főtétel és az információ kapcsolatáról. A démont információkat kell szereznie, tudnia kell, hogy milyen sebességgel, honnan jön a részecske. Az információt mindig valamilyen fizikai (valóságos) rendszer hordozza. A hordozónak többféle megkülönböztethető állapota kell, hogy legyen. Az információt az hordozza, hogy melyik állapotában van a hordozó.

Két állapot akkor megkülönböztethető, ha energiájuk közötti különbség legalább $kT/2$ (ahol K a Boltzmann állandó, T a hőmérséklet Kelvin-skálán mérve). A démon az információ megszerzésénél munkát végez, delta bit információ megszerzése $kT/2$ Joule munkavégzést jelent. Ez az elvi, alsó határ. A valóságos folyamatokban ennél lényegesen nagyobb az energiafelhasználás.

delta.3.4. Információ és extrópia – extropikus információ A minimális démoni munkát kiszámíthatjuk, ha meghatározzuk a két állapot entrópia különbségét. (Toll a párnában, illetőleg a szétszóródott toll esete). A számítást a környezet változásaival együtt kell elvégezni, azaz

$DS = S(\text{környezet a szétszóródott tollal}) - S(\text{környezet}) - S(\text{toll a párnában})$.
Ez a toll extrópiája. A minimális munkavégzés a toll összeszedéséhez $Pi * T$.

A Boltzmann formulával is felírható

$$P = k_B \log(W_o/W)$$

ahol W_o az egyensúlyi állapothoz tartozó termodinamikai valószínűség, azaz az egyensúlyi állapothoz, mint makroállapothoz tartozó mikroállapotok száma, míg W az aktuális makroállapothoz tartozó mikroállapotok száma. P méri, hogy mennyivel csökken a mikroállapotra vonatkozó nem tudásunk a nem-egyensúlyi állapot ismeretében, azaz P méri az állapot információ tartalmát. Más szavakkal, P méri, hogy a rendszer mennyire megkülönböztethető a környezetétől.

Az információ-extrópia és entrópiegyenértékét a következőképpen adhatjuk meg. A legegyszerűbb rendszer egyetlen molekulát tartalmaz, amely két egyforma rekesz valamelyikében tartózkodhat. A molekula mindkét rekeszben azonos valószínűséggel fordulhat elő – ez az egyensúlyi állapot. Nem-egyensúlyi állapot, amikor a molekula az egyik rekeszben van. Egyensúlyban a lehetséges mikroállapotok száma 2, azaz az entrópia $S = k \ln 2 = \text{delta}0\text{-}23$ joule/kelvin Az extrópia zérus. Mivel egy ilyen bizonytalanság feloldásához delta bit információ szükséges, következik, hogy delta bit információhoz entrópiaváltozást lehet társítani. Nem-egyensúlyi állapotban $S = k \ln \text{delta} = 0$, az extrópia $\text{delta}0\text{-}23$ joule/kelvin, a nem-egyensúlyi állapot, mint jel információja delta bit. A nem-egyensúlyi állapot extrópiája megadja, hogy a nem-egyensúlyi állapot ismerete mennyi információt (nem-tudás csökkenést) jelent. A Föld a Naptól $4 * \text{delta}0\text{delta}4$ J/K = $\text{delta}0$ 38 bit extrópiát, azaz információt kap, és ezt információt (pontosabban ennek töredékét) használják fel az élőlények és az ember.

Extrópia és a gazdaság

Az extrópiás felírás önmagában a korlátokra figyelmeztet. Az extrópia egy szűkös erőforrás. Minden természeti folyamat – és ezért minden emberi tevékenység – csökkenti az extrópiát. Ez azonban nem ok a teljes pesszimizmusra. A Föld a Naptól $4 \cdot 10^{14}$ J/K extrópiát kap másodpercenként, azaz ennyivel távolodna el az egyensúlyi állapottól, ha nem lennének kiegyenlítődési folyamatok. (Ez 1 millió tonna szénnek felel meg). Állandósult állapotban el kell fogyasztani a bejövő extrópiát. Gaia azért hozta létre a nemegyensúlyi rendszereket a Földön, hogy az ezekben végbemenő folyamatok felhasználják a Naptól jövő extrópiát. Ebben a vonatkoztatásban az emberiség feladata az, hogy extrópiát fogyasszon, azaz entrópiát termeljen. De nem mindegy, hogy miből, mennyit és hogyan. Gaia számára nem vagyunk fontosak. A Földön az emberiség, a gazdaság nélkül is kialakulhat egy stationer állapot, azaz egy olyan nemegyensúlyi állapot, amelynek fenntartásához a Naptól jövő extrópia szükséges. Gaia lehetővé tette (és lehetővé teszi), hogy ezen extrópia egy részével mi gazdálkodjunk. Ki kell lesni Gaia titkát, milyen lehetőséget biztosít számunkra. Meg kell ismernünk, hogy Gaia mennyi extrópiát ad számunkra. Ha kevesebbet használunk fel, akkor szegényebbek leszünk annál, mint amilyenek lehetőségeink alapján lehetnénk. Ha többet, akkor a jövőnket eszük meg. A jövő generáció lehetőségeit csökkentjük.

Az ember nemegyensúlyi rendszer, állandóan csökken az extrópiánk, például a hőleadásunk másodpercenként 6 mJ/K extrópia csökkenést jelent. Az extrópia csökkenést a táplálék felvétel extrópia növelése kompenzálja. Az ember tevékenysége termodinamikai szempontból az extrópia megszerzése, felvétele és elfogyasztása. Aminek gazdasági értéke van annak extrópiája is, van, sőt általában igaz, hogy minél nagyobb az extrópia annál nagyobb az érték. Ha zérus az extrópia akkor a dolognak nincs gazdasági értéke. Minél nagyobb az extrópia annál nagyobb a gazdasági érték. A gazdaság azonban nem vezethető vissza tisztán fizikai folyamatokra, az extrópia nem érték. A gazdagság és az extrópia kapcsolatát egy részletesebb elemzés adja meg.

Miért nem lehet az extrópia a gazdasági érték mérője

A lehetetlenség bizonyítását legegyszerűbben úgy végezhetjük el, hogy feltesszük, hogy az érték visszavezethető az extrópiára, és megmutatjuk a hipotézis következményeinek vizsgálatán keresztül, hogy ez nem lehet igaz.

Az extrópia alapú értékszubsztancia elméletben feltesszük, hogy egy jószág gazdasági értéke az extrópiájával arányos. Az érték arányos a rendszerben foglalat extrópiával. Az elmélet tarthatatlansága egyszerű példákon is belátható. Az érlelt óbor extrópiája kisebb, mint az új boré – de az értéke nagyobb.

Legyen az i -dik jószág egységnyi mennyiségének az extrópiája π_i , és a teljes mennyisége N_i . Ekkor az i -dik jószágban megtestesülő vagyona, azaz extrópiája $V = \pi_i N_i$ lesz.

Egy gazdasági szereplő vagyona az általa birtokolt javak értékeinek összege, azaz a teljes birtokolt extrópia lesz.

$$V = p_1N_1 + p_2N_2 + p_3N_3 \dots + \dots + p_nN_n$$

A pénz értékét is definiálhatjuk, legyen p_m az egységnyi pénzért megvásárolható extrópia és M a birtokunkban lévő pénz, ekkor a pénzben jelentkező vagyon p_mM lesz, azaz a teljes vagyon

$$V = p_1N_1 + p_2N_2 + p_3N_3 \dots + \dots + p_nN_n + p_mM.$$

Az extrópikus vagyon a szereplő által birtokolt és a pénze alapján várhatóan megvásárolható extrópia mennyisége. Ha ez helyes lenne, akkor a gazdaság egyszerűen megtervezhető lenne, és nem lenne szükség piacra és pénzre sem. Hasonlóan a munkaérték-elmélethez, nem gazdasági tényezők határoznák meg az értéket.

Egy gazdasági szereplő kereskedik (extrópiát cserél) és/vagy termel. Ha nem termel, és nem kereskedik, akkor a teljes extrópiája csökken a fogyasztás és a természetes degradáció következtében. . Aki nem csinál semmit, az tönkre megy. A passzív rendszer vagyona állandóan csökken. Csak a pénzben lévő vagyon marad meg, feltéve, hogy nincs infláció, és p_m nem csökken. Ez a következtetés elég jól megfelel a gazdasági tapasztalatoknak. Dolgoznunk kell, hogy életben maradjunk.

A termelést már nehezebb értelmezni. Minden termelés, mint minden reális folyamat extra extrópia csökkenést jelent. Az outputok extrópiája mindig kisebb, mint az inputoké. Minél többet dolgozunk, annál kisebb lesz az extrópia, azaz annál szegényebbek leszünk! A gazdaság extrópia bemenetét a természet biztosítja. A kitermelés (bányászat) és a mezőgazdaság a természetből extrópiát hoz be a gazdasági szférába – de minden további átalakítás extrópia csökkentő.

A kereskedelemben (ha nem hanyagoljuk el a csökkenést) akkor csökken az extrópia, de első közelítésben azt is mondhatjuk, hogy nem változik. Ezért a kereskedelem legfeljebb az egyik félnek jelenthet vagyon növekedést. Csak akkor lehet vagyon (extrópia) növekedés, ha kizsákmányoljuk a másik felet. Több extrópiáért kevesebbet adunk. A vagyonunk csak úgy növekedhet, ha azt másoktól (a természettől) elvesszük.

Csak az extrópia elvétel jelent vagyonnövekedést. Minél többet dolgozunk, annál szegényebbek leszünk. Azért dolgozunk, ami munka nélkül is bekövetkezne. Hiszen minden tevékenységünk az extrópia csökkentésével jár együtt, és az extrópia magától is csökken. A munka nem mond ellent a II. Főtételnek, csak értelmetlennek tűnik.

Ha ragaszkodunk ahhoz, hogy a gazdasági tevékenység értelmes, akkor az extrópia alapú értékelméletet el kell vetnünk. Az extrópia nem lehet a gazdasági érték mérője. A különböző típusú extrópiáknak más és más kell, hogy legyen az értéke. A bevezetőben említett példa már jelezte, hogy az újbor egységnyi extrópiája kevesebb értéket jelent, mint a nemes óbor egységnyi extrópiája.

A termodinamikai és a gazdasági racionalitás ellentmondása eltűnik, ha beépítjük az elméletbe azt a tapasztalatot, hogy a különböző extrópiákat másként értékeljük. Amit fel tudunk használni (megehető), vagy amivel újabb extrópiát szerezhetünk - az értékes. Amíg nem ismerjük a felhasználásának módját, addig az értelmetlen.

Az érték a jószág által hordozott gazdagság. Ez a definiálás magával hozza azt a következményt, hogy a környezet által biztosított szolgáltatásoknak nincs értéke. Ha a környezet megváltozik, és nem tudja a szolgáltatást biztosítani, akkor ez csökkentheti gazdagság érzetünket, azaz ekkor az új, rosszabb környezetnek

negatív értéke lesz. Ezzel az érték megléte feltételezi a nemegyensúlyi állapotot, ezért a zérus extrópia zérus értéket jelent. Az érték függ az extrópiától, de az extrópia önmagában nem határozhatja meg az értéket. Az értéket az ember rendeli a dologhoz. Kell még egy szubjektum, aki számára ez az állapot hasznos. Más és más ember más és más értéket rendelhet ugyanahhoz a nemegyensúlyi állapothoz. Egy tárgy által megtestesített gazdagság függ a tárgy extrópiájától, de függ attól is, hogy kié a tárgy, a tulajdonos (birtokló) elvárásaitól, tudásától, és természetesen függ attól is, hogy mi a tárgy maga, milyen formában jelentkezik az extrópia. Mivel a zérus extrópia azt jelenti, hogy az általa hordozott gazdagság, azaz az érték zérus a gazdagság várható alakja: $U = v P$

ahol P a dolog extrópiája és v a tulajdonos által az adott típusú nemegyensúlyisághoz rendelt érték, Az érték függ(het) az extrópiától is.

Amíg a v állandónak tekinthető a gazdagság az extrópiával arányos, amint ez a 3. ábrán látható. A 3. ábrán bemutatott kapcsolatot sokan felismerték már. Jankovich Béla 1908-ban a Közgazdasági Szemle hasábjain érvelt az érték termodinamikai megalapozása mellett. A gondolatmenetének hibája már a 2. ábráról leolvasható. Az extrópia növekedése csak egy viszonylag szűk tartományban jelent komfortérzetet, azaz használati érték növekedést. Az optimumon túl már csökken a használati érték. A fenti kapcsolat még világosabban látszik, ha nem csak a hőmérséklet, hanem a hőmérséklet és a nyomás függvényében vizsgáljuk a használhatóságot és az extrópiát. A 4. ábrán a nyomás-hőmérséklet síkon rajzoltuk fel az állandó extrópiához tartozó állapotokat összekötő görbét.

1. 4. ábra Állandó extrópiájú állapotok

Az ábrán az folytonos görbe az állandó extrópiájú állapotokat köti össze. A (25 C, 1 atmoszféra)-val jelzett állapotnak (A pont az ábrán), mint lakószobának nagy a használati értéke, a B pont, a nagy nyomású állapot keszonként nagy használati értékű, de lakószobaként nem használható. A C pont a -20 C állapotú helyiség hűtőkamra, de nem lakószoba. Egy kis fantáziával beláthatjuk, hogy a folytonos görbe minden pontjához találhatunk olyan embert és szituációt, amelyben a pont által reprezentált állapotnak van a legnagyobb értéke.

A használati érték termodinamikai alapjai

A használati érték termodinamikai alapjait egy konkrét, végig számolható példán vizsgáljuk meg először. Egy szoba használati értéke az ott tartózkodás szempontjából a hőmérséklettől, a páratartalomtól, a levegő összetételétől és a nyomástól függ. Most a hőmérséklet hatását vizsgáljuk.

A fűtés termodinamikai és gazdasági értékelése

Miért fűtünk? Természetesen azért, hogy meleg legyen a szobában. A gazdaságilag is releváns fizikai jellemzőtől elvárjuk, hogy a gazdasági értékkel együtt változzon. Az első függelékben kiszámoljuk, hogy mi történik, ha 20C külső hőmérséklet mellett 22C-ra fűtjük, illetve 18C-ra hűtjük a szobát. A kiszámíthatóság érdekében csak a szoba levegőjét nézzük, amelyről most feltesszük, hogy ideális gáz. Az eredményt az 1. táblázatban láthatjuk.

Fizikai jellemző Hűtés környezet fűtés Térfogat 100 m³ 100 m³ 100 m³ Nyomás 0,1 MPa 0,1 MPa 0,1 MPa Hőmérséklet 18C 20C 22C

Energia 15 MJ 15 MJ 15 MJ Entrópia 0,994 S0 S0 1,006S0

Exergia 1,7 kJ 0 1,7 kJ Extrópia 6 J/K 0 6 J/K költség/hó 10000Ft 10000 Ft

2. táblázat: A fűtött-hűtött szoba termodinamikai jellemzői

Az eredmény első pillanatban meglepő is lehet. A fűtött szoba energiája ugyanannyi, mint a fűtetlen, ha hagyományosan – nem tökéletes szigetelés mellett fűtünk. A magyarázat egyszerű, ekkor a levegő molekuláinak átlagos mozgási energiája megnő, megnő a nyomás, ezért a levegő molekuláinak egy része kimegy. A teljes energia nem változik, és az entrópia csökken. Ha szigetelés mellett fűtünk, akkor a levegő molekulái nem mehetnek ki, ekkor nő a nyomás a szobában, nő az energia és nő az entrópia. A használati érték szempontjából a szigetelés minősége másodlagos, ezért elmondhatjuk, hogy az entrópia és az energia változás között nincs kapcsolat. Az extrópia minkét esetben nő, hiszen az a környezettől való különbséget méri.

A komfortérzet, a használhatóság és a hőmérséklet közötti kapcsolat egy optimális értékig növekvő, majd az optimum elérése után csökkenő.

Ábra Komfortérzet a hőmérséklet függvényében

A komfortérzet és az extrópia kapcsolatát a 2. ábrán mutatjuk be. Az extrópia közelítőleg a hőmérséklet-különbség négyzetével arányos, így.

1. ábra Komfortérzet az extrópia függvényében

A görbének az optimum feletti szakasza gazdaságilag nem értelmes. A fűtés költséges, ezért nem jellemző, hogy a szobát az optimum fölé fűténénk, ezt figyelembe véve az extrópia és a használati érték kapcsolat a 3. ábrán bemutatott jellegű. 4. Ábra A használati érték extrópia kapcsolat

A gyémánt-víz paradoxon fizikai megközelítése

A fenti gondolatmenet egy fontos csoportra, a környezeti javakra is alkalmazható. Ezek vizsgálata egy új megközelítést ad a gyémánt víz paradoxon megoldásához.

Ha feltesszük, hogy a szoba használati értéke a komfort érzettel arányos, akkor az 1. ábra a használati érték és a hőmérséklet kapcsolatát mutatja be. Egy univerzálisnak tekinthető viselkedés is leolvasható az ábráról. A marginális használati érték, avagy a használati érték változása a hőmérséklettel az optimumnál zérus.

Ha a közgazdasági szemléletbe be akarjuk illeszteni a fenti problémát, akkor az optimumtól mért eltérést, a hőmérséklet különbséget érdemes paraméternek tekinteni, és használati érték helyett a disutility-t, azaz az ártalmassági értéket kell nézni, ezt a 2. ábrán mutatjuk be.

Ez az ábra egyben egy újabb szempontot ad a régi paradoxon feloldásához. Adam Smith vetette fel a problémát. Miért van az, hogy annak ellenére, hogy a víz sokkal fontosabb és hasznosabb az embernek, a gyémánt a drágább? Az ember a létfontosságú dolgoknál (levegő, víz – úgy fejlődött ki, hogy a környezet ezt biztosítsa számára. Ennek megfelelően a normál környezet által biztosított érték (mennyiség) az optimális, ennél több és ennél kevesebb egyaránt rossz vagy ártalmas. Ekkor a marginális hasznosság zérus, a csereérték is hamis képet ad. Nem a hasznosságot, hanem a disutility-t méri.

Még egy fontos szempontot – és nehézséget – a fenti ábra megmagyaráz a környezeti problémák tárgyalásánál. A környezetszennyezés előtti döntés az aktuális disutility-vel méri a környezet értékét, és itt erős nemlineáris hatások jelennek meg, ezért itt új értékelési rendszerre lenne szükség.

A gazdaság alaptörvénye

A termodinamika törvényei az élőlények alaptörvényét megadják. Csak az az élőlény maradhat fenn, amelyik biztosítja az extrópiájának mennyiségét. Az élőlények munkát végeznek a tápanyag megszerzésért. A munkavégző képesség előállítására extra extrópia felhasználást jelent. A fennmaradás feltétele, hogy a

megszerzett tápanyag extrópiája nagyobb legyen, mint a munka előállítására fordított extrópia. Ez az összehasonlítás azonban nem történhet meg a szokásos összehasonlítással. Nem érzékeljük közvetlenül, és nem is számítjuk ki az extrópiákat, hanem a tapasztalataink alapján, a tanulási folyamat eredményeként értékeljük a lehetőségeket. Az extrópia azonban nem anyag, nem extrópiát fogyasztunk, hanem egy nemegyensúlyiságot alakítunk át egy másik – számunkra hasznosabb formába. Az étel extrópiáját alakítjuk át a saját szervezetünk nemegyensúlyiságává. Az értékelés szubjektív, de a természet szigorú tanítómester. Ha rossz az értékelés, akkor az eredmény a szegényedés és a romlás. Csak a természet által felkínált extrópiával gazdálkodhatunk.

Az evolúció termodinamikai szempontból a szervezetek alkalmazkodása, hogy az extrópia készleteket/forrásokat biztosítsák saját maguk számára, és ebben döntő jelentőségű az értékelés kifejlődése.

A gazdasági tevékenység az ember számára biztosítja a készleteket, azaz a megfelelő formában lévő extrópiát. Az emberi lét feltétele, hogy egy (az életformára jellemző) minimális csomagnál nagyobb legyen az általa birtokolt extrópia mennyisége, azaz a birtokolt készletek mennyisége.

Az érték megjelenése értelmessé teszi a cserét (kereskedelmet) és a termelést is. A kereskedelemben a termék az alacsonyabb értékű helyről (tulajdonostól) a magasabb értékű helyre megy.

Termodinamikailag racionális adózás

Foglaljuk össze a termelésre vonatkozó megszorításainkat: optimálisnak az a termelés választás tekinthető, amikor a gazdagság maximálisan növekszik, azaz

$$dZ = \sum_i v_i \pi_i dN_i = \text{maximum}$$

A gazdasági korlát a költségek minimalizálásával fogalmazható meg. Legyen π_i az i -dik felhasznált alapanyag ára. Ekkor a költségminimum $C = \sum_i \pi_i dN_i + \pi_L L + E = \text{minimum}$ itt az összegezés az alapanyagokra, a munkaerőre (L), és az egyéb költségekre történik. A termodinamikai optimum az extrópia felhasználásának minimalizálását jelenti: $\pi_i dN_i = \text{minimum}$

Az összegzés itt is csak az alapanyagokra történik. Ha az árak nem tükrözik vissza az extrópia költségeket, akkor a gazdasági és a termodinamikai optimalizálás ellentétbe kerülhet. Az árakba az extrópia költsége csak az adózáson keresztül kerülhet be. Egy extrópia alapú adórendszer biztosíthatja azt, hogy valóban azal takarékoskodjunk, amiből szűkös a forrásunk. További előnye, hogy a hulladékhasznosítást gazdaságilag preferálná, és a fenntartható fejlődéshez vezető pályára vihetné a gazdaságot.

Az extrópia segítségével a gazdasági folyamatok termodinamikai oldala tárgyalható, mert kiszámítható a környezet terhelése. A termeléssel járó entrópiaprodukción önmagában nem káros a környezetre. A teljes földi entrópiatermelés közelítőleg állandó értékű kell, hogy legyen. Ez Gaia stabilitásának feltétele. Mi is azért vagyunk a Földön, hogy termeljünk az entrópiát. De nem mindegy, hogy mennyit! A teljes emberi entrópia termelést optimalizálni kell, nem pedig minimalizálni vagy maximalizálni. Gazdálkodni kell vele, hisz az extrópia az igazi szűkös erőforrás. Meg kell ismernünk, hogy Gaia mennyi extrópiát ad számunkra. Az extrópia felhasználásunk azt jelenti, hogy a felhasznált mennyiséget a természeti folyamatok már nem használhatják fel. A kérdést úgy kell feltennünk, hogy mennyit vehetünk el büntetlenül a természeti folyamatoktól anélkül, hogy lényegesen módosítsanánk környezetünket. Ha kevesebbet használunk fel, akkor szegényebbek leszünk

a lehetőségeinknél, ha többet, akkor a jövőnket esszük meg, a jövőnk lehetőségeit csökkentjük.

A termék extrópiája ugyan arányosnak tűnhet a gazdasági értékkel, de nem egyezik meg vele. A termodinamika törvényei és a gazdasági racionalitás együttesen csak akkor teljesülhetnek, ha a gazdasági érték nem egyezik meg az extrópiával. A gyártásban felhasznált extrópia a termék fizikai költségének tekinthető. Termodinamikailag optimális termelés esetén a gazdasági javakat (szolgáltatásokat) minimális extrópia felhasználással kell előállítani. Az utolsó fejezetben megmutatjuk, hogy ez akkor biztosítható, ha az adórendszer a teljes extrópia felhasználást is figyelembe veszi. A hulladék extrópiája a környezeti károsító hatások termodinamikai mértéke, az entrópiatermelés pedig a termodinamikai költség.

A fizikai korlátok vizsgálata megmutatja, hogy elvileg lehetséges a hulladékmentes, nem környezetmódosító termelés. A hulladék, szemét megjelenése nem természettörvény, hanem a rossz gazdálkodás eredménye csak. Az extrópia alapú adózás biztosíthatja a természeti erőforrások észszerű felhasználását. Az extrópia készlet meghatározása lehetséges. Ez a vagyonértékelés megbízhatóbb értékelést ad a gazdaság működéséről, mint a GNP.

Környezetszennyezés

Szükséges-e a környezetszennyezés?

Irodalomjegyzék

- [1] <http://www.hp-gramatke.net/perpetuum/english/page0060.htm>, 1775.
- [2] H. A. Buchdahl. *Classical Thermodynamics*,. Cambridge University Press,, Cambridge, 1966.