VÁLASZ SZALAI ISTVÁNNAK

VÁN PÉTER: NEMEGYENSÚLYI TERMOMECHANIKA C. MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS BÍRÁLATÁHOZ

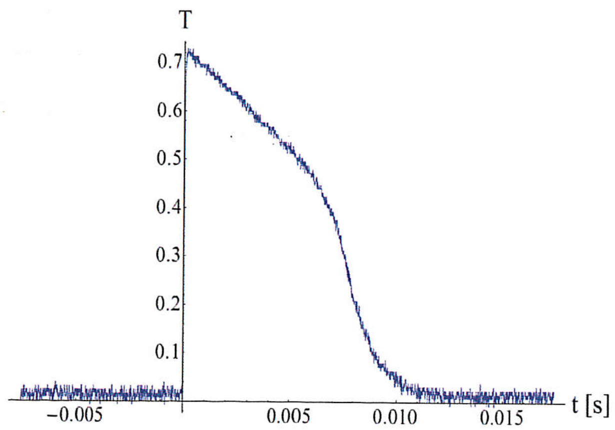
Opponensem minden konkrét megjegyzésével és javaslatával egyetértek, köszönöm a hiányosságok megjelölését. Jelölésjegyzék, a definíciók jobb csoportosítása javíthat az olvashatóságon, illetve a (2.58) egyenlet, az irodalomjegyzék hibái és az elrontott angol kifejezések jogos észrevételek. A 2.2 táblázat felirata is rosszul utal az ábrákra. A hiányzó hivatkozásoknak technikai oka van.

A 80-81. oldalak ábráin a függőleges tengelyen a dimenziótlan hőmérséklet van.

A tézisfüzetet illetően a jelölés elvileg az önmagában érthetőséget szolgálta, a dolgozattal történő összevethetőség szempontja akkor nem jutott eszembe.

1. Válaszok a kérdésekre:

1. *A hőimpulzus pontos alakja.* Ez kimérhető a készülékünkkel, az 1. ábrán láthatunk egy példát. A függőleges tengelyen a hőmérséklet nincs kalibrálva, egysége ezért nincs megadva.



1. ábra. A hőimpulzus alakja.

A hőimpulzus hossza egy századmásodperc, mért jel vizsgált részének hossza fél percet is elérheti, ezért a gerjesztő függvény pontos alakja nem befolyásolja jelenséget, illetve a számításokat. A számítások stabilitásához sokkal fontosabb a gerjesztőfüggvény simasága.

A fényimpulzus energiáját nem határoztam meg, ez a számításokból a dimenziótlanítás miatt kiesik, a mért hőmérsékletprofilok illesztéséhez és elemzéséhez nem volt rá szükség. A hőmérsékleti kalibráció hiányában ez az érték utólag nem határozható meg.

2. *Elektroreológia.* Első közelítésként az elektroreológiai folyadékokra lényegében a Rajagopal-Ružička racionális modellhez hasonló konstitutív relációkat és fejlődési egyenletet javasolnék [1].

   Ez a kontinuumelmélet tudtommal már kvantitatívan számot ad számos jellemző jelenségről, például a Winslot-effektusról. A fenti elmélet egyenletei ugyanis hasonlóak a newtoni gravitáció esetére kidolgozott új, egyszerű módszertannal is levezethető gyengén nemlokális öngravitációs kontinuum modellünkhöz [2], illetve a Rajagopal-Ružička cikkben közölthöz hasonló módszertannal dolgozik Heida, Malek és Rajagopal a Cahn–Hilliard-egyenlet esetén [3] és ők pontosan olyan korrekciókat kapnak a mechanikai feszültségre a nem disszipatív esetben, amilyet Kovács Róberttel mi is kaptunk [4].
3. *Többkomponensű folyadékok.* Annak, hogy csak egykomponensű kontinuumokkal foglalkoztam legfontosabb oka a feloldatlan Prigogine-paradoxon.

   Ugyanis többkomponensű, viszkózus, azaz mechanikailag disszipatív kontinuumok termodinamikai tárgyalása elvileg problémás, nevezetesen az entrópiaprodukció áramlásfüggő, tehát függ attól, hogy a sebességmezőt hogyan rögzítjük (baricentrikus, illetve egyik vagy másik folyadékhoz). Például de Groot és Mazur monográfiájuk 45. oldalán, [5], nem véletlenül hagyják ki a mechanikai tagot az entrópiaprodukcióból. A relativisztikus esetben már egykomponensű folyadékok esetén is nagyon hasonló probléma jelentkezik, a dolgozatom relativisztikus folyadékokra vonatkozó részében ennek a kérdésnek azonosítása, azaz az áramlásválasztás fogalmának bevezetése és a lokális egyensúlytól való leválasztása talán a legfontosabb általános eredmény. A dolgozatban nem tárgyalom, de nemrelativisztikus, pontosabban Galilei relativisztikus egykomponensű viszkózus és hővezető folyadékok esetén bebizonyítottam, hogy az entrópiaprodukció vonatkoztatási rendszertől és áramlásválasztástól független [6]. Ezeknek az eredményeknek a fényében a többkomponensű folyadékok disszipatív mechanikája újratárgyalható és remélhetőleg a Prigogine-paradoxon feloldható.
4. *A maradék entrópiaáram.* Ez a dolgozatban bemutatott módon, a konstitutív állapottér előzetes rögzítésekor értelmezhető, és lényegében a gyengén nemlokális elmélet specialitása. Viszont azonosan nullasága csak tisztán lokális esetben következik az izotrópiából.

   A gradiensfüggő rész levezethető és a maradék entrópiaáramra az izotrópia követelménye megszorítást ad. Ezt (2.23) után megemlítem, de (2.33) után már nem érvelek, csak felteszem. Ott ugyanis például a skalár változó gradiensétől a hővezetéshez hasonlóan skalár együtthatóval lineárisan függő entrópiaáram-sűrűség izotróp függvény. A (2.33) egyenlőtlenséget viszont semmilyen fizikailag elképzelhető nem azonosan nulla formájával nem tudom egyszerűen megoldani. Egy esetben kellett ezt a matematikai lehetőséget kihasználnom, ott viszont fontos volt. Ez a Cahn–Hilliard-egyenlet Liu tételén alapuló levezetése volt. A vonatkozó kéziratot említem az értekezésben, sajnos pont ez az egyik tévesen nyomtatott referencia, amely azóta már publikált eredmény, [7].

Budapest, 2019. október 10.

Ván Péter

....

Ván Péter

Hivatkozások

[1] K. R. Rajagopal and M. Ružička. Mathematical modeling of electrorheological materials. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 13(1):59–78, 2001.

[2] P. Ván and S. Abe. Non-equilibrium thermodynamics and Newtonian gravitation. 2019. arXiv:1905.10631.

[3] M. Heida, J. Málek, and K.R. Rajagopal. On the development and generalizations of cahn–hilliard equations within a thermodynamic framework. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik*, 63(1):145–169, 2012.

[4] P. Ván and R. Kovács. Variational principles and nonequilibrium thermodynamics. 2019. arXiv:1908.02679.

[5] S. R. de Groot and P. Mazur. *Non-equilibrium Thermodynamics*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1962.

[6] P. Ván. Galilean relativistic fluid mechanics. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 29(2):585–610, 2017. arXiv:1508.00121 v1- Hungarian; v2- English.

[7] P. Ván. Weakly nonlocal non-equilibrium thermodynamics: the Cahn-Hilliard equation. In *Generalized Models and Non-classical Approaches in Complex Materials 1*, pages 745–760. Springer, 2018. arXiv:1710.04204.