

2. Féléves Beszámoló

2024. január 26.

Somogyfoki Réka (somogyfoki.reka@wigner.hu)
Statisztikus Fizika, Biológiai Fizika és Kvantumrendszerek Fizikája Doktori
Iskola

Témavezető: **Ván Péter**¹
Téma: Nemlokális kontinuumok egyensúlyainak stabilitása

¹Wigner Fizikai Kutatóközpont RMI, Elméleti Fizika Osztály

1. Bevezetés

A doktori iskolában végzett kutatásom elsődleges célja a nemegyensúlyi termodinamikai módszertannal klasszikus folyadékok nemlokálisan kiterjesztett fejlődési egyenleteinek származtatása. Elérendő cél továbbá megismerni ezen egyenletek egyensúlyi megoldásainak stabilitását, elsősorban klasszikus gravotermikus rendszerek esetén, ahol az ismert megoldásokkal és stabilitási kritériumokkal való kompatibilitás egy ellenőrzési opció. Továbblépési lehetőség a kontinuumegyenletek generikus stabilitásának vizsgálata, illetve a módszerrel relativisztikus és kvantumozott kiterjeszhetőségének elemzése.

2. Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

A doktori képzés második félévében a kutatási tevékenységem a disszipatív folyadékokra vonatkozó nemlineáris részleges differenciálegyenletek homogén termodinamikai egyensúlyának lineáris stabilitásvizsgálatára fókuszálódott. Ezen egyenletek homogén egyensúlyának aszimptotikus stabilitása a termodinamika második főtételéből elvileg következik, amennyiben maga a fejlődési egyenlet kompatibilis a második főtétellel, illetve a második főtétel segítségével származtatható. A lineáris stabilitás ennek szükséges feltétele. Nemrelativisztikus disszipatív folyadékok esetén a homogén termodinamikai egyensúly lineáris stabilitása a Fourier-Navier-Stokes rendszeren bizonyítható, az elvárásoknak megfelelően [1]. Felmerül azonban a kérdés, hogy mik a feltételei a másod- és magasabbrendű elméleteknek, szintén nemrelativisztikus kontinuumok esetén. Például, hogy a fononhidrodinamika magasabb rendű hővezetési elméleteinek homogén egyensúlya stabil-e, illetve, hogy a stabilitási feltételek kiterjednek-e a tiszta termodinamikán túl, mint a speciális relativisztikus disszipatív folyadékok esetében.

Egy első-, illetve egy másodrendű tenzoriális belső változó (y, Y) bevezetésével a probléma linearizálása után a következő mátrix alakjába rendeződnek az együtthatók:

$$\begin{bmatrix} -\rho c\Gamma + \lambda_1 k^2 & -\lambda_{12} i k & 0 \\ \lambda_{21} i k & \rho m_1 \Gamma + \kappa_1 k^2 + \lambda_2 & \kappa_{12} i k \\ 0 & -\kappa_{21} i k & \rho m_2 \Gamma + n k^2 + \kappa_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} T \\ y \\ Y \end{bmatrix} = 0, \quad (1)$$

ahol T a hőmérséklet, m_1, m_2 pozitív konstansok, $n, k, \kappa_1, \kappa_2, \kappa_{12}, \kappa_{21}$ pedig pozitív anyagi együtthatók. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_{12}$ és λ_{21} a Fourier hővezetési együtthatóval állnak kapcsolatban. A diszperziós relációt a mátrix determinánsának eltűnése adja.

A Routh–Hurwitz-kritérium kimondja, hogy egy $a_0 + a_1 x^1 + a_2 x^2 + a_3 x^3 = 0$ alakú, harmadrendű polinom gyökeinek valós részei negatívak pontosan akkor, ha a következő egyenlőtlenségek teljesülnek:

$$a_3, a_2 > 0, \quad \text{illetve} \quad a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0. \quad (2)$$

A fenti mátrixból adódó diszperziós relációra alkalmazva a (2) Routh–Hurwitz-kritériumokat az egyenletrendszer stabilitása könnyen belátható. Ez a fonon-hidrodinamika másodrendű egyenleteinek stabilitásvizsgálatára vonatkozó kutatásaim egyik alappillére.

3. Publikációk, konferenciák

Szeptember 18-20. között került megrendezésre a Wigner 121 szimpózium, melyen mint hallgató voltam jelen.

December 4-8. között részt vettem a 23. Nehézion-fizika Zimányi Iskolán, amelyen bemutattam a *Stability of Non-Relativistic Fluids: Thermodynamic Conditions* című poszteremet.

4. Tanulmányi tevékenység

A félév során két tárgyat vettem fel és végeztem el, mindkettőt jeles eredménnyel. A *FIZ/3/078 Frontok és Mintázatok* előadás keretei között lineáris stabilitás-analízist végeztünk dinamikai rendszereken, amelyek mind szorosan összefüggésben állnak a kutatási területemmel.

A *FIZ/5/053 Fejezetek a Modern Égi Mechanikából* tárgy során egy féléves projekten dolgoztam, mely során numerikus szimulációs programok (GADGET, GYRFALCON) használatával adott kezdőfeltételekkel galaxisok kialakulását és időfejlődését szimuláltuk. A szimulációk eredményeképpen generált képeket egy fotometriai képfeldolgozó szoftver segítségével morfológiai indexekkel láttuk el. A projekt során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy található-e kapcsolat a galaxis dinamika kezdőfeltételei és a morfológiai indexek között.

Hivatkozások

- [1] P. Ván. Generic stability of dissipative non-relativistic and relativistic fluids. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2009(02):P02054, 2009.

Somogyfoki Réka