

# Bírálat

**Várkonyi Péter László**

**Merev testek egyensúlya és tranziens dinamikája érintkezési kölcsönhatások esetén  
című doktori munkájáról**

## **1. A dolgozat témája**

A dolgozatban tárgyalt problémák időszerűek. Több, a nemzetközi tudományos közösségben régóta nyitott problémára ad megoldást. Ezek az egyetlen stabil egyensúlyi helyzettel rendelkező homogén test létezésére vonatkozó Arnold-féle probléma, az Ulam által javasolt feladat, illetve a klasszikus Painleve paradoxon. Ez utóbbi ugyan régóta foglalkoztatja a mechanikával foglalkozó kutatókat, de az utóbbi időben a súrlódás pontosabb modellezésének igénye miatt, újra az érdeklődés homlokterébe került. Elméleti jelentősége mellett a téma a gyakorlati alkalmazások szempontjából is kiemelten fontos, melyekre a dolgozat is kitér. Szeretném kiemelni, hogy igen széleskörű az alkalmazások lehetősége, a műszaki tudományok több ága mellett például a biológia területei is felmerülnek.

## **2. Formai észrevételek**

A dolgozat 118 oldal terjedelmű munka angol nyelven. A technikai kivitelezése igényes, színes ábrák, grafikonok és táblázatok illusztrálják a szöveget (54 számozott ábra). Tartalomjegyzék, öt fejezet és irodalomjegyzék szerepel benne. A dolgozat végén az irodalomjegyzék 195 számozott hivatkozást tartalmaz. A szöveg definíciók, tételek és segédtételek kimondásával és bizonyításával indokolja a tézisekben megfogalmazott eredményeket.

## **3. A dolgozat felépítése, részletes bírálat**

Az első fejezet bevezetés, itt szerepel a dolgozatban részletesen tárgyalt témák és kérdések felvetése, illetve a kutatás aktualitásának leírása. A dolgozat szerkezetét és az egyes fejezetek tartalmát is megismerhetjük belőle.

A munka lényegi részét a második és a harmadik fejezet adja.

A második fejezet merev testek egyensúlyának statikájával foglalkozik. Négy területen folyik a vizsgálat, ezek:

1 gravitációs térben vízszintes felületen nyugvó merev testek stabil egyensúlyi helyzeteinek száma (Arnold probléma);

2 teknőspáncélok osztályozása, az 1 téma eredményeinek biológiai alkalmazásaként;

3 az 1 téma eredményeinek az automatizált gyártásban történő alkalmazása (monostatikus viselkedés kör, illetve gömb belsejében);

4 úszó testek egyensúly (Ulam probléma)

A harmadik fejezet egyensúlyi helyzetek stabilitását dinamikai feladatként tárgyalja, abban az esetben, amikor ütközés és/vagy súrlódás is fellép. Itt három vizsgálat jelenik meg:

1 vízszintes felületre ejtett tárgyak egyensúlyi statisztikai becslése;

2 súrlódásos érintkezési kapcsolattal rendelkező testek egyensúlyi helyzeteinek stabilitása;

3 “infinitézimális mozgás és az egyensúly Ljapunov stabilitása”.

A negyedik fejezet összefoglalás, a tézisek kimondása.

Az ötödik fejezet “Függelék” címen, az egyes témákhoz tartozó bizonyításokat, illetve a megértést segítő további olyan magyarázatokat, definíciókat, és táblázatokat tartalmazza, melyek a folyó szöveget nehezkessé tennék.

A lényegesebb fejezetek (3. és 4.) alfejezetekre és ezek további szakaszokra tagolódnak. A fejezetek bevezetéssel kezdődnek, az ezután következő első alfejezet az alapvető fogalmak - a 3 fejezet esetén “új fogalmak” - ismertetésével foglalkozik. A további alfejezetek belső tagoltsága hasonló: a konkrét probléma felvetése, tárgyalás 2-6 szakaszban, végül az alfejezet összefoglalása “discussion”, “conclusion” stb. Ez a szerkesztés áttekinthetővé teszi ugyan a dolgozatot, de nem tudtam eldönteni, hogy ez az erősen tagolt forma minden esetben segítette-e a munka lényegi eredményeinek megértését. Sokszor éreztem, hogy a többszintűen adott bevezetések és az egyes szakaszok végén szereplő (rész-)összefoglalások szétesővé teszik a leírást. Nehezítette a bíráló elkészítését, hogy nem volt kiemelve, hogy az egyes téziseket mely szövegrészekben leírtak (milyen tételek) bizonyítják, ami leginkább a 3. fejezetben okozott gondot. A bíráló munkáját megkönnyítette volna egy, a tézisekhez szorosabban kapcsolódó szerkesztés.

Hasonló technikai probléma a jelölésrendszer. Például a 4. fejezetben

$U$  “Ljapunov-szerű” függvény (114) képlet 84. oldal,

a 73. oldal szöveges részében  $U$  “a deformált érintkezési régió rugalmas belső energiája”.

Szintén a 4. fejezetben  $\varepsilon$  általában kis paraméter (pl. az 58. oldalon),

ugyanakkor a 82. oldalon  $\varepsilon = \text{sign}(\mathbf{u}_x^T \mathbf{p}_{st})$ .

Az említett részhez kapcsolódó kérdés a következő.

**Mit ért “Ljapunov-szerű” függvényen (84. oldal), mi a kapcsolata ennek a szokásos Ljapunov függvénnyel? (K1)**

Célszerű lett volna egy külön listán felsorolni a dolgozatban használt összes jelölést.

A címben merev testről van szó. A nem ideális kényszer esetén a test és a kényszer felületeinek átlapolódását feltételezi a dolgozat. Miként történhet ez? A test merev és a kényszer alakváltozásra képes, vagy a test is képes alakváltozásra? A dolgozat szövege szerint **a test merev és a kényszer nem. Mi indokolja ezt a feltevést? (K2)** Felmerül a kérdés, hogy mi van akkor, ha a test is végez alakváltozást. Miként változna ekkor az eredmény?

#### 4. A tézisek bírálata

Az **1. tézist elfogadom**, megjegyezve, hogy a “közös eredmény Domokos Gáborral” közlés tartalmát a rendelkezésemre bocsátott anyagból nem tudom értelmezni.

A **2. tézist elfogadom**, azonban nem tartom szerencsésnek a “síkbeli test” kifejezést.

### A 3. tézist elfogadom.

A 4. tézishez kapcsolódó, és az 5.5.1 szakaszban közölt **mechanikai modell helyes**. Azonban a megítéléséhez szükséges gépgyártástechnológiai és matematikai statisztikai ismeretek kívül esnek a szakterületemen. Amennyiben a védés során ezen területek szakértői pozitívan nyilatkoznak, a tézis elfogadását javaslom.

Az 5. tézis 3 részből (a, b, c) áll.

Az **5a állítást egy kérdés (K4) megválaszolása után elfogadom**, megjegyezve, hogy a megfogalmazás nagyon nehézkes. A rész-tézishez tartozó kérdés az alábbi.

**Mutasson rá, és magyarázza el részletesen, hogy az 5a tézis bizonyításában hol jelentkezik “a deformálható kapcsolat merevségének végtelen nagyra növelése”! (K3)**

Az **5b. tézist elfogadom**, megjegyezve, hogy a “közös eredmény Joel W, Burdick-kel és David Gontier-vel” közlés tartalmát a rendelkezésemre bocsátott anyagból nem tudom értelmezni.

Az **5c. tézissel kapcsolatban két kérdés (K4, K5) megválaszolása után tudok nyilatkozni**. A jelölt a dolgozat szövege szerint azt az eredményt kapta, hogy az általa STRS-nek jelölt stabilitás fenállása nem jelent Ljapunov stabilitást. A tézis azonban nem ezt fejezi ki, hanem stabilitásvesztésről beszél. A stabilitásvesztés fogalma egy rendszer valamely (pl. bifurkációs) paraméterének kvázistatikus változása mellett léphetne fel, amikor a stabil megoldással rendelkező ekvivalencia osztályból az instabil megoldással rendelkező ekvivalencia osztályba lép át. Ennek kapcsán az alábbi kérdés megválaszolását kérem.

**Melyik az a paraméter, aminek a (kvázistatikus) változása okozza a stabilitásvesztést? (K4)**  
**Mekkora ennek a paraméternek a stabilitásvesztéshez tartozó kritikus értéke? (K5)**

### 5. További kérdések a jelölthöz

1. Magyarázza meg, hogy mit ért a síkbeli test fogalmán!
2. Miért szükséges a statikus stabilitás fogalmat bevezetni és használni a Ljapunov stabilitás mellett?
3. Mit jelent az infinitézimális mozgás?
4. Sajnos a dolgozatban nem találtam meg az STRS explicit definícióját, továbbá a 49. 51. ábrákon szereplő  $\Delta l$  definícióját sem. Kérem, hogy adja meg a hiányzó definíciókat!
5. Mi szerepel a 14. ábra tengelyein?
6. Mi szerepel a 16. ábra tengelyein?
7. Mi szerepel a 33. ábra tengelyein?
8. Mi szerepel a 45.C ábra tengelyein?
9. Magyarázza el részletesen, hogy miként kapta a 45.B és 45.C ábrákat.
10. Mi szerepel a 46.A ábra tengelyein?
11. Mi szerepel a 47. ábra tengelyein?
12. Miként befolyásolná a számításokat, ha a merev testek dinamikájában szokásosan alkalmazott tehetetlenségi nyomatéki tenzort és annak főtengeleit alkalmazná a pozíciók leírására?

## 6. Összegzés

A dolgozat témája időszerű, eredményei jelentősek, mind az alapkutatás, mind az alkalmazások tekintetében, több tudományágban is. A kidolgozás igényes, bár kisebb technikai hibák előfordulnak benne. A megfogalmazott 5 tézisből *hármát (1, 2, 3) minden további nélkül elfogadok*. Egy tézis (4) részben túlmegy a szakmai kompetenciámon, de az igazolásban szereplő *mechanikai állítások helyesek*. Amennyiben a területen szakértő kollégák a tézis további vonatkozásaival egyetértenek, ezt is *elfogadásra javaslom*. Az utolsó tézissel második részét (5b) *elfogadom*. Az *első (5a) és az utolsó rész (5c) elfogadásáról a velük kapcsolatban feltett kérdések megválaszolása után tudok nyilatkozni*.

Az MTA doktora cím megadását javaslom.

Budapest, 2017. augusztus 8.

Béda Péter  
az MTA doktora