

# KELVIN-HELMHOLTZ INSTABILITÁS VIZSGÁLATA



Készítette: LAJKÓ László (BSc hallgató)  
Témavezető: Csippa Benjamin, Till Sára  
Önálló feladat 1. tárgyból  
BME, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék, 2016. tavasz

## BEVEZETÉS

- Természetben is előforduló, érdekes és látványos áramlási jelenség
- Pl.: óceánok, felhőképződés, mérnöki alkalmazás
- 2 (vagy több) áramló folyadék határán jön létre
- Összenyomhatatlannak tekinthető és egymással nem keveredő közegek
- Súrlódásmentes
- Relatív sebességkülönbség a két folyadék rész között

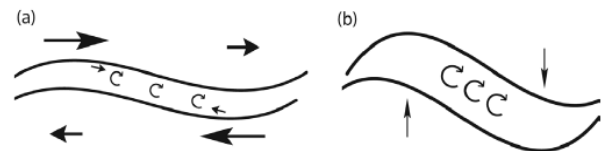


**CÉL:**  
A Kelvin-Helmholtz jelenség vizsgálata áramlásszimulációval

## LEÍRÁS, MÓDSZEREK

### A JELENSÉG KIALAKULÁSA

- Nyíróréteg van a két nem keveredő folyadék érintkező felületén
- A nyírórétegben jelentős a sebességkülönbség
- Kis amplitúdójú külső zavarás „perturbálja” az áramlást, ez instabilitáshoz vezet
- A hullám homorú oldalán nagyobb a nyomás, mint a domború oldalán, ezzel az amplitúdó megnő
- Az áramlás közben továbbviszi a hullámot
- Örvényszerűen felcsavarodó áramkép alakul ki



### VIZSGÁLATI MÓDSZER

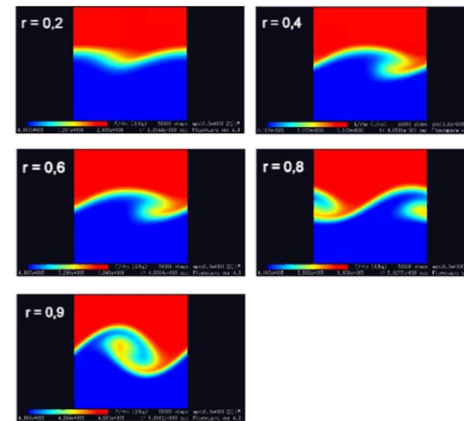
- Flowsquare nyílt forráskódú szoftver
- Véges differenciák módszerén alapuló számítás
- Egyszerű modellalkotási lehetőség
- Geometriai és áramlási paraméterek beállításánál támaszkodás az irodalomra\*
- Vizsgálatok állandó sebességáram mellett
- Különböző sűrűségáramokkal

### VIZSGÁLT PARAMÉTER

- Növekedési ráta
  - analitikusan meghatározható
  - numerikus modellezés eredményéből számolható
  - saját eredmények összevetése az irodalomból vett értékekkel

\*H. G. Lee, J. Kim: Two-dimensional Kelvin-Helmholtz instabilities of multi-component fluids, European J. of Mechanics B/Fluids 49(2015) 77-88

## EREDMÉNYEK



Különböző sűrűségáramú modellek sűrűségei ugyanabban az időpillanatban

### FUTTATÁSI PARAMÉTEREK

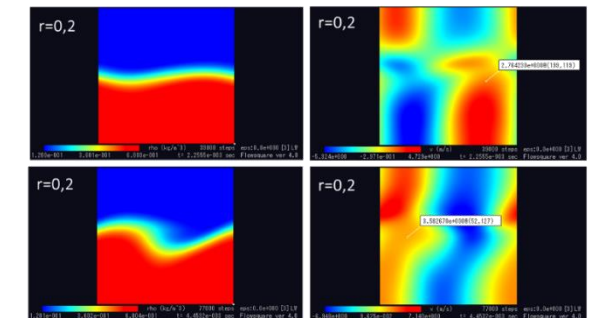
- Állandó paraméterek (irodalmi adatokkal egyezően megválasztva):
  - $u_1 = 50 \text{ m/s}$ ;  $u_2 = 10 \text{ m/s}$  folyadéksebességek
  - $\rho_2 = 0,6 \text{ kg/m}^3$
  - Tartomány mérete:  $0,1 \times 0,1 \text{ m}$
  - Hálóméret:  $n_x \cdot n_y = 256 \cdot 256$
  - $v_{mag} = 4 \text{ m/s}$
- Vizsgált sűrűségáramok:  
 $r = \rho_1 / \rho_2 = (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 0,9)$

### NÖVEKEDÉSI RÁTA SZÁMÍTÁSA\*

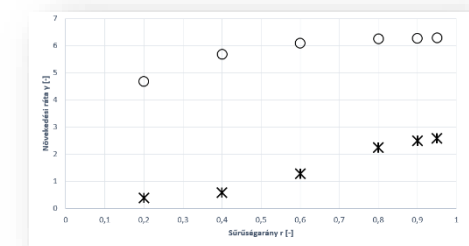
- analitikus:  $\gamma_a = \frac{4\pi\sqrt{r}}{1+r}$
  - numerikus:  $\gamma_n = \frac{v(t)/v_{t=0} - 1}{\tau}$
- $$\tau = \Delta t \frac{u_2 - u_1}{H}$$

ahol  $r$  a sűrűségáram;  $v(t)$  a zavaró sebesség a  $t$  időpillanatban;  $\tau$  dimenziótlans idő;  $\Delta t$  időlépés;  $u_1$  és  $u_2$  a folyadéksebességek,  $H$  az adott  $t$  időpillanathoz tartozó hullám magassága.

- Zavarás: függőleges irányú sebességgradienssel (nem szinuszos zavarással)
- $H$  hullámmagasság „mérhető” a numerikus szimulációból
- Numerikus növekedési ráta számolható



Egyazon sűrűségáram mellett kialakuló hullámjelenség (bal) és kiértékelése (jobb) két időpillanatban



Analitikus (kör) és numerikus (csillag) növekedési ráták különböző sűrűségáramok esetén

## KÖVETKEZTETÉSEK

- Nyílt forráskódú szoftver -Flowsquare- alkalmasnak bizonyult a jelenség bemutatására
- Az analitikusan meghatározott és szimulációval kapott növekedési ráták számszerű értékei jelentősen eltérnek
- Ennek oka lehet
  - az irodalomtól eltérő típusú zavarás alkalmazása
  - kiértékelés nehézségeiből adódó pontatlanságok

### TOVÁBBI LEHETŐSÉGEK:

- Kiértékelés pontosítása, automatizálása
- Kísérleti berendezés építése (a tervek elkészültek), validáció