

NUMERIKUS TERMO- ÉS HIDRODINAMIKA MSc (Nappali)

Tantárgy Neptun kódja: Nappali: **GEAHT004M**

Tárgyfelelős intézet: EVG - Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet

Tárgyfelelős: Dr. Bolló Betti - egyetemi docens

Óraszám/hét: 2 óra előadás+1 óra gyakorlat

Számonkérés módja: gyakorlati jegy

Kreditpont: 4

Előfeltétel: GEAHT002M

Tantárgy feladata és célja:

A tantárgy elsődleges feladata az, hogy megismertesse a hallgatókat a numerikus áramlás- és hőtan alapjaival valamint az Ansys Fluent kereskedelmi szoftvercsomag használatával.

Tárgy tematikus leírása:

1. hét: Folyadékmozgások Euler-féle tárgyalásmódja. Sebességtér, gyorsulástér. Sebességtér derivált tenzora. Folyékony közeg mozgásformái. Alakváltozási sebességek derivált tenzora és örvénytenzor. Áramvonalak egyenlete. Sebességi potenciál függvény.
2. hét: Megmaradási tételek: Kontinuitási egyenlet differenciális és speciális esetben érvényes alakjai. Folyadékáramlás általános mozgásegyenlete. Feszültségek, feszültségi tenzor ideális és sűrűdésos folyadékok esetében.
3. hét: Mozgásegyenlet alkalmazása ideális folyadékokra: Euler féle mozgásegyenlet.. Bernoulli egyenletek különböző esetekben érvényes alakjai. Navier Stokes féle mozgásegyenlet. Reynolds féle mozgásegyenlet. Turbulencia modellek.
4. hét: Navier-Stokes mozgásegyenlet megoldási lehetőségei: időátlagolt Navier-Stokes egyenlet (RANS), nagy örvények szimulációja (LES) és direkt numerikus szimuláció (DNS).
5. hét: Diszkrétizációs módszerek: véges differenciák módszere, véges térfogatok módszere (felületi és térfogati integrálok közelítése, interpoláció és differenciálás), véges elemek módszere.
6. hét: Energia egyenletek: mechanikai energiák változásának tétele és az energia megmaradás elve.
7. hét: Kétdimenziós potenciális áramlás alapegyenletei. Komplex potenciál. Konjugált komplex sebesség. Elemi és összetett síkáramlási feladatok. Áramlási jellemzők meghatározására szolgáló számítási algoritmusok összetett síkáramlási feladatok esetében.
8. hét: Összetett síkáramlási feladatok. Konform leképezés. Zsukovszkij és Kármán-Treffitz leképezés. Számítási algoritmusok Zsukovszkij és Kármán-Treffitz leképezési feladatok esetében. Felhajtóerő, ellenállás.
9. hét: Gáz áramlása esetén alkalmazható alapegyenletek. Gyenge és erős szakadási felületek. Gáz áramlása változó keresztmetszetű csőben. Gázdinamikai függvények.
10. hét: Laval fűvókában kialakuló áramlás meghatározása gázdinamikai függvények alkalmazásával. Laval fűvóka méretezése. Lökéshullámok számítása.
11. hét: Geometriai jellemzőivel adott Laval fűvóka nyomáseloszlásának meghatározása különböző üzemiállapot esetén.
12. hét: Rugalmas vékonyfalú csővezeték hálózatban kialakuló tranziens áramlás alapegyenletei: a mozgás- és kontinuitási egyenleteinek előállítás. A nyomáshullámok differenciál egyenletrendszer.
13. hét: A tranziens csőáramlás differenciál egyenletrendszerének numerikus megoldása karakterisztika módszer alkalmazásával.
14. hét: Határfeltételek: csatlakozási feltételek és peremfeltételek. Alkalmazási példa bemutatása.

Félévközi számonkérés módja és az aláírás megszerzésének feltétele (Nappali):

Az aláírás feltétele a félév során kiadott feladat sikeres megoldása és dokumentálása. Az előadások 60%-án kötelező a részvétel, valamint a gyakorlatok maximum 30%-ról lehet hiányozni!

Gyakorlati jegy / kollokvium teljesítésének módja, értékelése (Nappali):

A gyakorlati jegyet a zárthelyi eredménye adja, melyet a beadott évközi feladat legfeljebb egy jeggyel módosíthat mindkét irányba.

Osztályozás:

- 0-49% elégtelen;
- 50-60% elégséges;
- 61-74% közepes;
- 75-84% jó;

85-100% jeles.

Kötelező irodalom:

- [1] Kalmár L. - Baranyi L.: Hő- és áramlástechnikai feladatok numerikus modellezése. Szakmérnöki jegyzet. Foglalkoztatáspolitikai és Munkaügyi Minisztérium által meghirdetett Humánerőforrás-fejlesztés Operatív Program, Miskolc 2006.
- [2] FLUENT 6.2 Getting Started Guide, Fluent Inc., Lebanon, 2005.
- [3] Czibere Tibor: Áramlástan. Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [4] Ferziger, J.H., Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 1999.
- [5] Anderson, J.D.: Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications. McGraw Hill, New York, 1995.

Ajánlott irodalom:

- [1] Ferziger, J.H., Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 1999.
- [2] Versteeg, H.K., Malalasekera, W.: An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method. John Wiley and Sons, New York, 1995.
- [3] [3] Anderson, J.D.: Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications. McGraw Hill, New York, 1995.
- [4] [4] Kristóf Gergely: Áramlások modellezése FLUENT szimulációs rendszerrel (FLUENT felhasználói tanfolyam, Budapest, 2005. WEB cím: <http://simba.ara.bme.hu/~cfd/FLUENTkurzus/Index.htm>

MINTA FELADATKIÍRÁSA

FELADATKIÍRÁS

Tantárgy: Numerikus termo- és hidrodinamika (GEAHT004M)

Feladat: Négyzet keresztmetszetű hasáb körüli áramlás és hőátadás vizsgálata 2D numerikus szimuláció alkalmazásával

Az 1. ábrán egy a és b oldalhosszúságú négyzet keresztmetszetű hasáb látható, amelyet egy U_∞ megfűvési sebességű, ρ sűrűségű és μ dinamikai viszkozitású áramlásba helyezünk. Tételezzük fel, hogy az áramló folyadék összenyomhatatlan Newtoni közeg illetve a folyadék és a test között kizárólag kényszer konvekció van (a szabad konvekciótól hatásától eltekintünk). Feltételezzük továbbá, hogy a test felszíne illetve távoltről hőmérséklete állandó T_{fal} és T_∞ értékű.

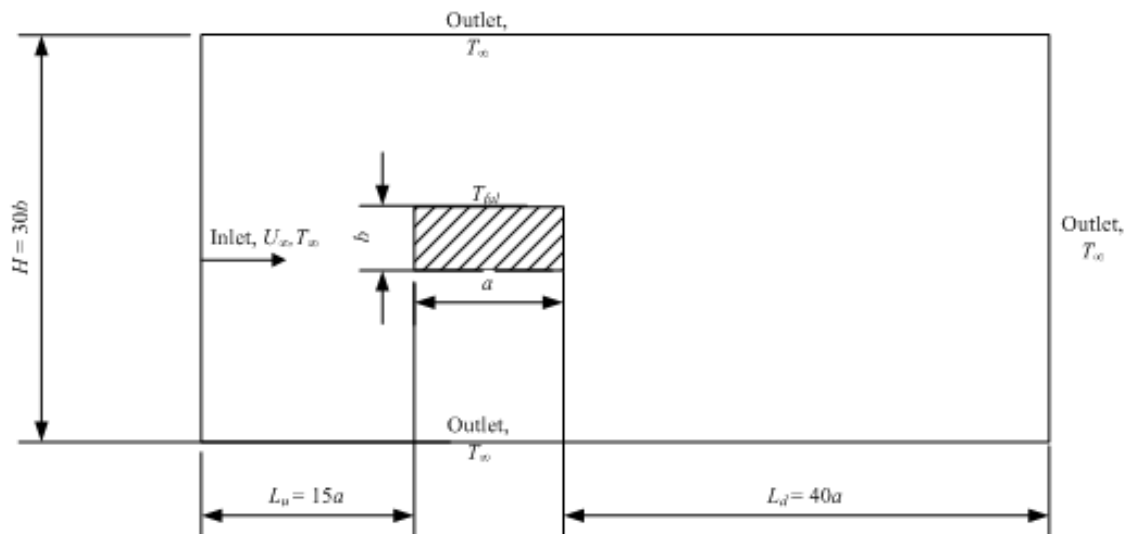
Feladataikat az alábbi pontok foglalják össze:

1. Az ANSYS szoftvercsomag Design Modeller programjának segítségével készítsék el az 1. ábrán vázolt elrendezés geometriai modelljét! Gondoskodjanak arról, hogy az a és b oldalhosszúságok változtathatóak legyenek.
2. Hálózják be az elkészített geometriát! Ugyeljenek arra, hogy a háló a test közelében megfelelően finom legyen!
3. Végezzenek előzetes számítást, amely során validálják a számításaiból származó eredményeket (például erőtényezők segítségével) irodalmi adatokhoz!
4. Végezzenek számításokat az 1. táblázatban lévő paraméterek felhasználásával. A szimulációk során számítsák ki a testre ható felhajtóerő és ellenállás tényezők időbeli változását valamint a test és a körülötte lévő folyadék közti dimenziótlan hőátadási tényező időfüggvényét. Ezt követően számítsák ki a periodikus jelek átlagos és négyzetes középértékeit. Az eredményeket diagramokon keresztül adják meg!

1. táblázat: A számítási paraméterek bemutatása

	Számítás sorszáma			
	I.	II.	III.	IV.
$AR = a/b$	0,5	1	1,5	2
μ [Pa s]	0,001			
ρ [kg/m ³]	1000			
a [mm]	10			
T_∞ [°C]	20			
$Re = U_\infty a / \nu$ [-]	100			
T_{fal} / T_∞	1,05			

5. Az elvégzett munkáról készítsenek jegyzőkönyvet!
6. A beadott anyagot 2018. december 6-án maximálisan 15 percben prezentáció formájában mutassák be!



1. ábra: A számítási tartomány

MINTA ZÁRTHELYI DOLGOZAT

ZÁRTHELYI DOLGOZAT

NÉV:.....

Numerikus termo- és hidrodinamika Neptun-kód:
(GEAHT004M)

	1. Feladat	2. Feladat	Összesen
Maximális	15	35 + 5	50 + 5
Elért			

A zárthelyi dolgozat a második beadandó feladatot pótolja, pontozása a következő:

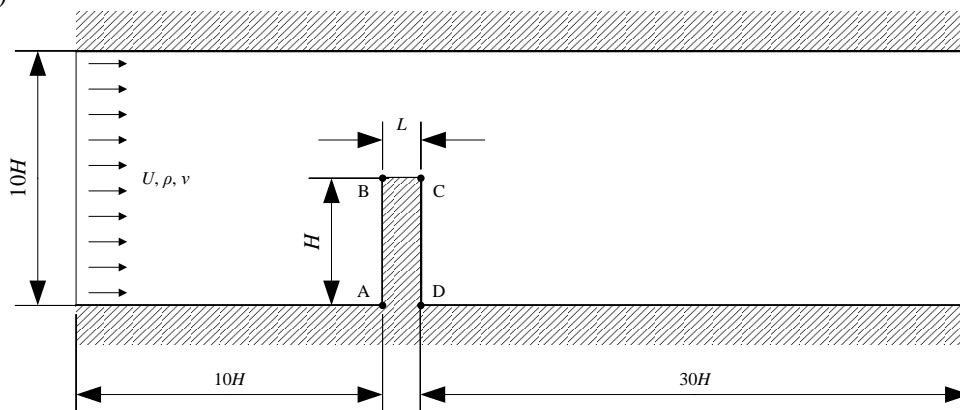
0 – 25 → elégtelen (1); 26 – 32 → elégséges (2); 33 – 40 → közepes (3); 40 – 45 → jó (4); 45–50 → jeles (5)

1. FELADAT: Válaszoljon röviden az alábbi kérdésekre!

- a) Mely differenciálegyenleteket oldja meg a Fluent lamináris áramlások esetén? Milyen módszert használ a turbulens áramlások számítására? **(3 pont)**
- b) Milyen módszert használ a Fluent az áramlást leíró alapegyenletek megoldására? **(1 pont)**
- c) Mely alapvető lépésekből áll egy áramlási probléma numerikus (CFD) modellezése? **(3 pont)**
- d) Mire kell ügyelni hálógeneráláskor szilárd falak közelében? Mi ennek az oka? **(2 pont)**
- e) Soroljon fel 3 darab olyan peremfeltételt, amelyet a Fluent támogat! Jellemezze őket pár szóban! **(5 pont)**
- f) Definiálja a Reynolds-számot párhuzamos áramlásba helyezett körhenger esetén. A megfűvási sebességet, a folyadék dinamikai viszkozitását és sűrűségét, valamint a henger átmérőjét tekintse adottnak! **(1 pont)**

2. FELADAT. A mellékelt ábrán látható ABCD téglalap alaplapú hasábot egy áramlási csatorna alsó falára rögzítjük és egy $Re = UH/v = 100$ Reynolds-számú, összenyomhatatlan newtoni közeg áramlásába helyezzük. A számítások során a H méretet tekintse egységnyiinek, illetve a test $AR = H/L$ oldalarányát 2-nek. Feladatok:

- a) Az ANSYS programcsomag Design Modeller szoftverének segítségével készítse el a vizsgálni kívánt áramlási probléma kétdimenziós geometriai modelljét! (Legyen előrelátó!) **(14 pont)**
- b) Hálózza be a vizsgált geometriát! Peremre illesztett hálót alkalmazzon! **(9 pont)**
- c) Fluent segítségével végezzen tesztszámítást a fenti adatok felhasználásával! A számítások során vegye figyelembe az áramlási jellemzők időtől való függését! Az számítást a $t = 0.2$ s időpillanatig végezze! **(10 pont)**
- d) Miután a program lefutott, jelenítse meg az abszolút áramlási sebesség alapján színezett sebességkontúrt! **(2 pont)**



FELADAT PLUSZ PONTÉRT: Számítsa ki az ABCD téglalap alapú hasábra ható ellenállás- és felhajtóerőt a $t = 0.1$ s időpillanatban! **(5 pont)**

További adatok: a folyadék sűrűsége 1 kg/m^3 , kinematikai viszkozitása pedig $0,01 \text{ m}^2/\text{s}$.

MEGOLDÁS: Ansys Fluent segítségével.