

## **HIRDETMÉNY**

*a Gépészmérnöki alapszak hallgatói részére*

### **A VÉGESELEM-MÓDSZER alapjai című tantárgy ütemterve**

*a 2009/2010. tanév 1.félévében*

- 1. hét előadás:** A tantárgy célja. Gépészeti szerkezetek és a mechanikai modell kapcsolata. Ipari példák, végeselemes számítások lehetőségei.

**gyak.:** Vektor-tenzorszámítási, mátrixalgebrai ismételés, Szilárdságtani összefoglaló: elmozdulásmező, alakváltozási- és feszültségi tenzormezők, a peremérték megfogalmazása: rendelkezésre álló egyenletek, perem feltételek. Kinematikailag lehetséges elmozdulásmező, statikailag megengedett feszültségmező.

- 2. hét előadás:** Variációszámításhoz kötődő alapvető fogalmak. Funkcionál értelmezése Teljes potenciális energia minimum elve, virtuális munka elve, Ritz-féle módszer. Lokális approximációs elve egyváltozós feladatnál. Diszkrétizált potenciális energia.

**gyak.:** Példa egyváltozós feladatokra (húzott rúd: 2.1 feladat).

- 3. hét előadás:** elmarad a Sport Nap miatt

**gyak.:** Példa egyváltozós feladatokra (hajlított-nyírt tartó: 2.2, 2.3 feladat ). Bevezetés az ADINA használatába.

- 4. hét előadás:** Egyváltozós feladatok, síkbeli rúdszerkezetek számítása a Bernoulli-féle geometriai hipotézis esetén. Elmozdulásmező közelítése a helyi koordinátarendszerben, a pótlólagos állandók szerepe. Merevségi mátrix, redukált csomóponti általánosított elmozdulásvektor.

**gyak.:** ADINA használata síkbeli tartószerkezetekre.

- 5. hét előadás:** Koordinátarendszerek közötti transzformáció, transzformációs mátrix. Tartóelemek csatolása, csatolási feltételek, koncentrált és megoszló terhelések figyelembevétele. Fiktív támaszok szerepe. Az egyenletrendszer sajátosságai. Szalagszerkezetű együttható mátrix sávszélességének csökkentése.

**gyak.:** Példa elemek csatolására (3.4 feladat).

**6. hét előadás:** Húzott rúdelem tárgyalása izoparametrikus elemekkel. Kétfváltozós (síkalakváltozási-, síkfeszültségi-) rugalmasságtani feladatok ismérései. Izoparametrikus elemek, Lagrange-féle közelítő függvények. Leképezés, négy és nyolc csomópontú elemek. A kölcsönös és egyértelmű leképezés feltétele.

gyak.: Példa síkbeli elemekre (3.7-3.8 feladat), ADINA használata síkbeli feladatokra.

**7. hét előadás:** Deriválások a globális és helyi koordinátarendszerben. A Jacobi mátrix szerepe, a merevségi mátrix előállítása, redukált terhelési vektorok különböző terheléseknél. Numerikus integrálás, pontossági korlátok. Hibaanalízis alapjai.  $h$ -,  $p$ -,  $hp$ - verziós számítások. Hibabecslés, Automatikus hálósűrítés és generálás, konvergencia sebesség.

gyak.: *Önálló foglalkozás az 1-5. hét anyagából,*  
ADINA használata síkbeli feladatokra.

**8. hét előadás:** Modellezési kérdések: Bonyolult szerkezetek számítására alkalmas alszerkezettechnika, redukált merevségi mátrix és terhelési vektor, előnyök, hátrányok. Adott elmozdulás figyelembevétele elemek szintjén.

gyak.: Izoparametrikus elemek vizsgálata, numerikus integrálás. ADINA használata síkbeli feladatokra.

**9. hét előadás:** Ferde hatásvonalú támaszok (síkbeli megvezetés, görgős támasz), elmozdulásmezőbeli szakadás /kezdeti hézag, túlfedés/ (kétoldalú kontaktfeltételek mellett) figyelembevétele elemek szintjén. Módosított merevségi mátrix és terhelési vektor, kötöttségek, szabad ismeretlenek, helyi koordinátarendszer használata, fő- és alcsomópontok szerepe, transzformációk.

gyak.: Példák modellezésre (5.2-5.3 feladat), ADINA használata síkbeli feladatokra.

**10. hét előadás:** Rezgéstani feladatok vizsgálata, a többszabadságfokú rendszerekhez tartozó mozgásegyenlet előállítása a D’Alambert elv és a virtuális munka elv felhasználásával. Tömegmátrix, csillapítási mátrix, csomóponti terhelési vektorok származtatása adott terhelésből és kinematikai hatásokból. Arányos csillapítás. Elemek csatolása. Mozgásegyenletek osztályozása: szabadrezgések, csillapításos szabad és gerjesztett rezgések.

gyak.: Tartó longitudinális rezgése (6.3 feladat).

**11. hét előadás** Szabadrezgések, sajátérték feladat, sajátkörfrekvenciák, sajátvektorok és ezek tulajdonságai. Főkoordináták.

gyak.: Példák a szabadrezgésekre, ADINA használata rezgéstani feladatokra

**12. hét előadás** A sajátrezgések meghatározásának hatékony eljárásai: Rayleigh-féle hányados. Iterációs technikák a legkisebb és a legnagyobb sajátfrekvencia meghatározására.

gyak.: *Önálló foglalkozás a 6-11. hét anyagából,*  
ADINA használata rezgéstani feladatokra.

**13. hét előadás** Csillapítás nélküli rendszer harmonikus gerjesztése. Dinamikai merevségi mátrix. Rezonancia jelensége. Nem harmonikus gerjesztés vizsgálata a főkoordináták segítségével, a kapott független egyenletek megoldása.

gyak.: Pótzárthelyi, ADINA ismeretének önálló bemutatása.

**14. hét előadás** Ismétlés.

gyak.: ADINA-ból a hiányok pótlása

§ A felsorolt feladatok a Javasolt irodalom elektronikus jegyzetében található meg.

*A félévi aláírás megszerzésének feltételei:*

1. A tantárgy anyagának sikeres alkalmazásához a hallgatóságnak a félév során kielégítő mértékben el kell sajátítania a tantárgy előadott ismeretanyagát. Ennek érdekében a Tanszék rendszeresen ellenőrzi a hallgatók tudását, és az órán való jelenlétét. Az a hallgató, aki előadáson illetve gyakorlaton három-három alkalomnál többször nincs jelen, a hiányzásakor elhangzott ismeretanyag megfelelő szintű tudásáról az utolsó héten beszámolni köteles. A beszámoló során a hallgatónak be kell mutatnia a jegyzetét, amelyben szerepelnie kell a hiányzásakor elhangzott anyagnak is.
2. Két önálló foglalkozás (egyenként 50 perces) külön-külön elégséges szintű megírása (maximális pontszám ~40 %-a feletti teljesítmény). Egy-egy zárthelyi 40 ponttal értékelt.
3. Az ADINA program használatának elsajátítása, amelyet a gyakorlati órák keretében egyedi feladatok megoldásán keresztül kell bizonyítani. A megszerezhető maximális pont itt is 40 pont.

*Aláírást* az a hallgató kap, aki a fenti feltételek mindegyikének maradéktalanul eleget tesz. A megszerezhető maximális 120 pont

A félévközi munka során kapott pontok alapján

50-65 között elégséges,

66-84 között közepes,

85-95 között jó,

96 -120 között jeles

osztályzatú gyakorlati jegy szerezhető.

A ponthiány pótlására a félév 13. hetén kínálkozik lehetőség. A pótzárthelyi 50 perces, legalább 15 pontot, illetve ezt meghaladó ponthiánynál a ponthiányt el kell érni.

Az *aláírás végleges megtagadását* javasolja a Tanszék annak a hallgatónak, aki sem az évközi zárthelyiken, sem a pótló zárthelyin, sem az előírt ADINA használatával, ill. a hiányzás miatti ismeretekkel kapcsolatos beszámolón nem jelenik meg.

### **Javasolt irodalom.**

<http://gepesz.uni-miskolc.hu/hefop> alatt

Jegyzetek tanszékenként,  
ME Gépészmérnöki és Informatikai Kar,  
Mechanikai Tanszék :

VEM-ME-eloadas: Végeselem-módszer alapjai (előadásvázlat ppt)  
VEM-ME-jegyzet: A végeselem-módszer alapjai (elektronikus jegyzet pdf)

**Az előadásokon az előadásvázlat részei kivetítésre kerülnek, aminek megértéséhez a hallgatónak célszerű nyomtatot példányról gondoskodni (azt magával hozni) a jó jegyzetelhetőség végett!**

**Kérünk mindenkit az anyag letöltésére és annak kinyomtatására.**

További javasolt, az egyetemi könyvesboltban kapható jegyzetek:

1. Páczelt I.: A végeselem-módszer alapjai, Miskolci Egyetem, Miskolc, 1993
  2. Páczelt I.: A végeselem-módszer lineáris rúdelemei, Miskolci Egyetem, 1993
  3. Páczelt I.: A végeselem-módszer lineáris sík, lemez, héj és térbeli elemei, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1994
  4. Páczelt I.: A végeselem-módszer modellezési kérdései, hibaanalízis, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1994
- ill. tankönyv
5. Páczelt I.: Végeselem –módszer a mérnöki gyakorlatban, I. kötet, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1999.

Miskolc, 2009. szeptember 5.

Dr. Páczelt István  
egy. tanár,  
a tárgy előadója

Dr. Bertóti Edgár  
egy. tanár,  
tanszékvezető