TANTÁRGYI KOMMUNIKÁCIÓS DOSSZIÉ

VÉGESELEMES MODELLEZÉS

GEMET371M

Miskolci Egyetem

Gépészmérnöki és Informatikai Kar

Műszaki Mechanikai Intézet

HIRDETMÉNY

az *Energetikai mérnöki mesterszak* hallgatói részére

*A **Végeselemes modellezés** című (*`GEMET371M` *kódú) tantárgy ütemterve*

	Előadás	**Gyakorlat**
1. hét	Bevezetés. A mérnöki szerkezetek és a mechanikai modell kapcsolata. Szoftverek. Ismétlés.	Tenzoralgebrai áttekintés. Szilárdságtani összefoglalás.
2. hét	Variációszámításhoz kötődő fogalmak, funkcionál, variáció, virtuális munka, teljes potenciális energia.	Ritz-féle közelítő módszer húzott-nyomott rúdfeladatokra. Abaqus bemutató.
3. hét	Energia elvek, variációs módszerek.	Izoparametrikus rúdelem.
4. hét	Lokális approximáció. Húzott-nyomott lineáris rúdelem.	Síkbeli elemek leképezésének kölcsönös egyértelműsége. Bevezetés az Abaqus használatába.
5. hét	Kétváltozós rugalmasságtani feladatok. Kétdimenziós izoparametrikus elemek.	Húzott-nyomott rúdelem használata.
6. hét	Numerikus integrálás. A virtuális erők munkájából származó terhelési vektorok. Görbeperemű kétváltozós izoparametrikus elemek.	Hajlított nyírt rúdelem használata
7. hét	Elemek illesztése, szerkezeti jellemzők. Izoparametrikus elemek vizsgálata.	Abaqus használata síkbeli rácsos tartókra, síkbeli tartószerkezetekre.
8. hét	Speciális modellezési technikák.	Abaqus használatának gyakorlása.
9. hét	Adattárolási módszerek. Egyenletrendszer megoldás.	Abaqus használata síkfeladatok modellezésére.
10. hét	Hibaanalízis. Bevezetés a rezgéstanba.	Abaqus használata dinamikai problémákra.
11. hét	Rezgéstan. Variációs elv, a feladat végeselemes megfogalmazása.	Sajátrezgés vizsgálata Abaqus segítségével.
12. hét	Hővezetési feladatok. Stacionér hővezetési feladat VEM-es megfogalmazása.	Abaqus használata dinamikai feladatokra.
13. hét	Hővezetési feladat végeselemes felírása. A differenciál-egyenletrendszer megoldása. Stabilitási kérdések.	Abaqus használatának gyakorlása.
14. hét	Összefoglalás	Pótlások

Az aláírás megszerzésének feltételei a szorgalmi időszakban:

1. A tantárgy anyagának sikeres alkalmazásához a hallgatóságnak a félév során kielégítő mértékben el kell sajátítatnia a tantárgy előadott ismeretanyagát.
2. Az **aláírás** eléréséhez a tantárgyi követelmények *50%-át kell teljesíteni*, azonban a **szorgalmi időszak**ban – a rendszeres tanulás elősegítése és jutalmazása céljából – az aláírás már 40%-os teljesítménnyel is megszerezhető.
3. A szorgalmi időszakban a hallgatóknak két alkalommal kell írásban, **zárthelyi dolgozat** keretében beszámolni a tudásukról. A 6. és a 13. hétre tervezett önálló foglalkozások időtartama $50-50$ perc és maximum $40-40$ pont érhető el velük.
4. Továbbá a gyakorlatokon oktatott Abaqus programrendszer elsajátításáról a 13. héten – órai keretek között – minden hallgató köteles beszámolni egy **önálló feladat** megoldásán keresztül, mellyel maximum 40 pont érhető el.

5. A minimális 40%-os szintet a két zárthelyi dolgozat összpontszámából (min. 32 pont) és az önálló Abaqus feladatból (min. 16 pont) külön kell teljesíteni és szükség esetén a ponthiányt külön kell pótolni is.
6. A félév-végi aláírás megszerzésének feltétele tehát, hogy a hallgató a két zárthelyi dolgozatból együtt 32 pontot és a feladatból 16 pontot legalább elérve, a megszerezhető 120 pontból minimálisan $32 + 16 = 48$ pontot (40%-ot) teljesítsen.

Ponthiány pótlására a félév 14. hetén kínálkozik lehetőség, egy pót-zárthelyi (50 perc, max. 40 pont) megírásával és/vagy Abaqus feladatpótlással (50 perc, max. 40 pont). Azok a hallgatók, akik a pót-zárthelyivel és/vagy a feladatpótlással szereznek aláírást, a két legjobb pontszámú zárthelyi és a min. 16 pontos Abaqus feladat alapján kaphatnak aláírást.

Az aláírás megszerzésének feltételei a vizsgaidőszakban:

Az a hallgató aki a szorgalmi időszakbeli teljesítményére nem kapott aláírást, a *vizsgaidőszakban szerezheti* meg azt. Az írásbeli aláírás pótló vizsga az 50 perc időtartamú, max. 40 ponttal értékelt dolgozat megírásával kezdődik és ennek min. 50%-os (20 pont) teljesítése után egy önálló Abaqus feladat (50 perc, max. 40 pont) bemutatásával zárul, és ebben az esetben is 50%-ot (20 pont) kell elérni.

A kollokvium:

A *Végeselemes modellezés* című tantárgy írásbeli vizsgával zárul, melynek időtartama 50 perc, maximálisan 40 ponttal értékelt. Az évközi teljesítményt az aláíráshoz szükséges pont feletti pontszám 25%-val vesszük figyelembe a vizsgán. A vizsga eredménye a következő táblázat szerinti:

Vizsga-	Pontszám:	$0 - 19$	$20 - 23$	$24 - 27$	$28 - 31$	$32-$
időszak	Vizsgajegy:	elégtelen(1)	elégséges(2)	közepes(3)	jó(4)	jeles(5)

Javasolt irodalom

[1] PÁCZELT I.. *Végeselem-módszer a mérnöki gyakorlatban*, I. kötet, Miskolci Egyetemi Kiadó, **1999**.

[2] K.J. BATHE. *Finite Element Procedures*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, **1996**.

[3] PÁCZELT I., BAKSA A., SZABÓ T. *A végeselem-módszer alapjai*, Miskolci Egyetem, p. 243, 2007 elektronikus jegyzet letölthető a `http://www.mech.uni-miskolc.hu/~abaksa/education` címről.

Dr. Lengyel Ákos József	Dr. Bertóti Edgár
adjunktus, a tárgy előadója	egyetemi tanár, intézetigazgató

+ + + =

Végeselemes modellezés	Név:	Neptun:

1. Írja fel a lineáris rugalmasságtan első peremérték feladatának ismeretlenjeit, egyenleteit és a peremfeltételeket! Készítsen magyarázó ábrát! Hány megoldása létezik egy rugalmasságtani feladatnak? (10 pont)

2. a) Ismert egy rugalmas test $\vec{\boldsymbol{u}}$ elmozdulásmezője, valamint a térfogaton megoszló erőrendszer $\vec{\boldsymbol{q}}$ sűrűségvektora: $\vec{\boldsymbol{u}} = Cxy\vec{\boldsymbol{e}}_x + \frac{C}{2}\left(\frac{1}{\nu}z^2 + y^2 - x^2\right)\vec{\boldsymbol{e}}_y - \frac{C}{\nu}yz\vec{\boldsymbol{e}}_z$, ahol C értéke ismert konstans, $\vec{\boldsymbol{q}} = \vec{\boldsymbol{0}}$. Határozza meg az $\underline{\underline{\boldsymbol{U}}}$ elmozdulási gradiens, majd az $\underline{\underline{\boldsymbol{A}}}$ alakváltozási tenzor mátrixát! (4 pont)

2. b) Ismerve az alakváltozási tenzort, az általános Hooke-törvény segítségével határozza meg a $\underline{\underline{\boldsymbol{T}}}$ feszültségi tenzor mátrixát! (3 pont)

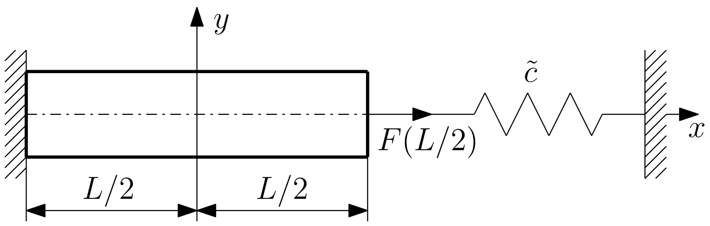
2. c) Igazolja, hogy az előző pontban kapott feszültségi tenzor teljesíti az egyensúlyi egyenletet! (3 pont)

Végeselemes modellezés	Név:	Neptun:

3. Kiindulva egy rugalmas test teljes potenciális energiájából vezesse le a potenciális energia minimuma elvét! (10 pont)

4. Adott az alábbi ábrán vázolt húzott rúd! Keressük a rúd elmozdulásmezőjét a következő alakban:

$$u(x) = c_0 + c_1 x$$



Kinematikailag lehetséges-e az elmozdulásmező, ha nem, hogyan tehető azzá? (2 pont)

Határozza meg az ismeretlen állandókat a Ritz-módszer segítségével (AE =áll., $\tilde{c}$ =áll., $F(L/2)$ =áll.) (8 pont)

+ + + =

Végeselemes modellezés	Név:	Neptun:

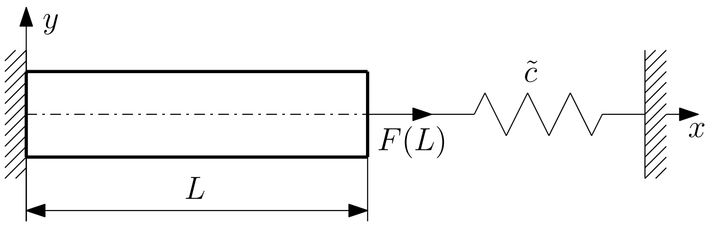
1. Milyen feltételeket kell teljesítenie egy $\vec{\boldsymbol{u}}^*$ kinematikailag lehetséges elmozdulásmezőnek? Készítsen magyarázó ábrát, melyen szemlélteti az egzakt $\vec{\boldsymbol{u}}$ és a kinematikailag lehetséges $\vec{\boldsymbol{u}}^*$ mezőket!

(3 pont)

2. Kiindulva a potenciális energia minimuma elvből ($\delta\Pi_\mathrm{P} = 0$) mutassa meg, hogy a variációs elv tartalmazza az egyensúlyi egyenletet és a dinamikai peremfeltételt! (7 pont)

3. Adott az alábbi ábrán vázolt húzott rúd! Keressük a rúd elmozdulásmezőjét a következő alakban:

$$u(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2$$



Kinematikailag lehetséges-e az elmozdulásmező, ha nem, hogyan tehető azzá? (2 pont)

Határozza meg az ismeretlen állandókat a Ritz-módszer segítségével! ($AE =$ áll., $F_L =$ áll.) (8 pont)

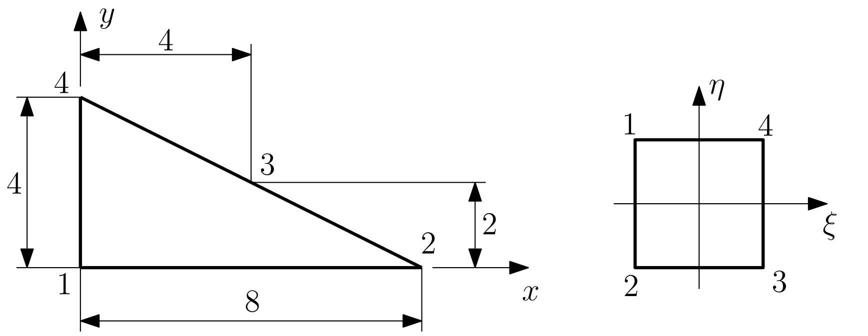
Végeselemes modellezés	Név:	Neptun:

4. Írja fel egy csillapítás nélküli szabad rezgőrendszer esetén érvényes végeselemes egyenletrendszer egyenletét mátrixosan, megnevezve a benne szereplő mátrixokat! Milyen alakban keressük ennek a feladatnak a megoldását? (3 pont)

5. Írja fel egy izoparametrikus rúdelem $N_1(\xi)$ és $N_2(\xi)$ alakfüggvényeit! Hogyan közelítjük az elem geometriáját és az elmozdulásmezőt az alakfüggvényekkel? Milyen feltételeket kell teljesítsenek az alakfüggvények? (4 pont)

6. Írja fel a **síkfeszültségi** feladatok esetén érvényes $\vec{\boldsymbol{u}}$ elmozdulásvektort, $\underline{\underline{\boldsymbol{A}}}$ alakváltozási és $\underline{\underline{\boldsymbol{T}}}$ feszültségi tenzort! (3 pont)

7. Egy kétdimenziós feladat végeselemes modellezésekor az alábbi 4 csomópontú elemet vizsgáljuk.



Írja fel a mesterelem alapján a geometria leképezéséhez szükséges $N_i(\xi, \eta)$ $(i = 1..4)$ alakfüggvényeket, állítsa elő a geometriát leíró $x(\xi, \eta)$ és $y(\xi, \eta)$ függvényeket, majd állapítsa meg, hogy a leképezés kölcsönösen egyértelmű-e? (10 pont)