

**A tárgy címe:** A végeelem módszer mechanikai alkalmazásai

**Szakirány:** Közlekedési **Tantárgykód:** NGD\_MDA13\_1 **Kreditérték:** 4

**Tantárgyfelelős neve:** Dr. Égert János

### **A tárgy célja:**

- a végeelem módszer alapjául szolgáló mechanikai elvek megismertetése,
- az elmozdulás-modell felépítése általános gondolatmenetének megismertetése,
- a végeelem módszer alkalmazása rúdszerkezetekre, a rugalmasságtan 2D és 3D feladataira, valamint héj- és lemezfeladatokra,
- dinamikai, hőtani és hőrugalmasságtani feladatok végeelemes megoldásának megismertetése.

### **Témakörök:**

1. A rugalmasságtan egyenletei. A virtuális teljesítmény és virtuális munka elve. A teljes potenciális energia és a teljes kiegészítő energia minimuma elv. A Lagrange- és a Castiglione- féle variációs elv. A Ritz módszer. A végeelem módszer elmozdulás-modellje, diszkretizáció, közelítő függvények, elemjellemzők: merevségi mátrix, csomóponti terhelési vektor. Elemek összekapcsolása. Kinematikai terhelések, hőfeszültségek számítása. A módszer (h)-konvergenciája, mechanikai modellezés.
2. Rúdszerkezetek végeelemes kezelése. A Bernoulli- és a Timoshenko-féle rúdelmélet alapvető összefüggései. Bernoulli-féle rúdelemek felépítése térbeli és síkbeli rúdszerkezetek számítására. Közelítés lokális koordináta-rendszerben, koordináta-transzformáció. Síkbeli rácsos szerkezetek végeelem jellemzői. Példák rúdszerkezetek végeelem számításának bemutatására.
3. A szilárdságtan 2D feladatainak értelmezése: a sík- alakváltozási állapot, az általánosított síkfeszültségi állapot, a forgásszimmetrikus feladat jellemzői, egyenletei. Az izoparametrikus közelítés az elemek geometriájának leírására. A Lagrange- és az Hermite-féle interpolációs eljárások. Lineáris és kvadratikus 2D izoparametrikus elemek jellemzői. A Newton-Cotes- és a Gauss-féle numerikus integrálási eljárások. Modellezési kérdések.
4. Fokszám növelés, p-verziós elemek. Síkbeli rúdelemek redukált merevségi mátrixának és redukált csomóponti terhelési vektorának felépítése. A fokszám növelés általánosítása 2D feladatokra. Térbeli (3D) feladatok megoldása kvadratikus hexaéder, pentaéder és tetraéder elemekkel. A degenerációs eljárás. Alkatrészek kapcsolódásának modellezése rugalmas ágyazással.
5. Merevített lemez- és héjszerkezetek végeelem modellezése. A Kirchhoff-Love- és a Reissner-Mindlin-féle lemez és héjelméletek jellemző összefüggései. Izoparametrikus lemez- és héjelemek, valamint rétegelt kompozit héjelem jellemzői. Szerkezeti elemek excentrikus kapcsolódásának modellezése.
6. Dinamikai feladatok végeelemes megoldása. Több szabadságfokú rezgőrendszerek, kontinuumrezgések. Energiaelvek mozgó kontinuumok esetén. A mozgásegyenlet-rendszer felírása és végeelemes megoldása. Direkt időintegrációs módszerek, a rezgéskép szuperpozíciós eljárás. Kontinuumrezgések sajátfrekvenciái és rezgésképei.
7. Termodinamikai feladatok végeelemes megoldása. A Fourier-féle egyenlet származtatása a termodinamika I. főtételéből. Stacionárius és instacionárius hővezetési feladatok megoldása: diszkretizáció, elemjellemzők, időintegrálás.

### **Házi feladatok:**

1. Statikusan terhelt rúdszerkezet feladatának megoldása a Ritz módszerrel, a rugalmas szál differenciálegyenletének megoldásával és munkatételek alkalmazásával.
2. Bordázattal merevített lemezszerkezet sajátfrekvenciáinak és rezgésképeinek meghatározása héj-rúd és héj-héj végeelem modellezéssel.

**Érdemjegy:** szóbeli vizsga alapján.

**Kötelező irodalom:**

- Előadásvázlat az Alkalmazott Mechanika Tanszék honlapján (<http://amt.sze.hu>)

**Javasolt irodalom:**

- Égert J., Pere B.: Végeselem analízis, Universitas-Győr Nonprofit Kft., Győr, 2011.
- O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor: The finite element method, Vol. 1.-3., Butterword-Heinemann, 2000.
- K.-J. Bathe: Finite-Elemente-Methoden, Springer-Verlag, 2002