

Reaktorfizikai számítások tételsor

2021.

A tananyag összetettségére és a matematikai eszközök körülményességére tekintettel a vizsgán a hangsúly a megalapozó megfontolásokon és a módszerek tágabb ismeretén lesz, nem pedig a levezetések részletein.

Egyes tételekhez jól használhatók Szatmáry Zoltán tanár úr “Bevezetés a reaktorfizikába” és “Reaktorfizikai számítások” című jegyzetei, ezek a <https://oktatok.reak.bme.hu/dr-kophazi-jozsef/oktatas/> oldalról pdf formátumban letölthetők.

Tételek:

0. A transzportegyenlet, a közvetlen megoldási eljárások nehézsége/lehetetlensége, a hierarchizált számítási sémák ötlete (vázlatosan)

1. A diffúzióegyenlet megoldása a véges differenciák módszerével. A diszkretizált egyenlet levezetése, a mátrix felépítése, nem-nullasági mintázata. Megoldási eljárás, a kondíciós szám romlása, műveletigény (Utóbbiak csak koncepcióként, levezetés nélkül).

2. Nodális módszerek a diffúzióegyenlet megoldására. A végesdifferencia-módszer korlátai, a nodális módszerek ötlete ezek áttörésére. A Galerkin-módszer általánosan, és specifikusan differenciálegyenletekre. A polinomiális nodális diszkretizáció levezetése, a nóduszok közötti csatolás megteremtése, lehetséges közelítések a tranzverzális kifolyásra. A mátrix felépítése, nem-nullasági mintázata. Megoldási eljárás, összehasonlítás a véges differenciák módszerével. Egyéb nodális megközelítések: analitikus (ANM) és peremeljárások (BEM) ötlete.

3. Végeselemes megoldások a diffúzióegyenletre. Térbeli diszkretizáció, hálózás, elemtípusok. Az egydimenziós, egycsoportos diffúzióegyenlet megoldása folytonos Galerkin-féle végeselem-módszerrel (CGFEM), lineáris vonalelemekből álló háló esetében. Elemmátrixok számítása, globális mátrixegyüthetők felépítése (“assembling”). Különböző peremfeltételek kezelésének lehetőségei. Kitekintés a többdimenziós és többcsoport diffúzióegyenlet végeselem-módszerrel történő megoldására.

4. A Case-módszer alapjai. Motiváció, az analitikus megoldások szükségessége, alkalmazási lehetőségei. A transzportegyenlet 1D hasáb, egycsoportos, izotróp szórású alakja. A Case-féle megoldások alapjának levezetése, a diszperziós reláció. A lehetséges sajátfüggvények bemutatása, osztályozása. A belső szorzat megválasztása, ortogonalitás, teljesség és normalizáció. A síkforrás Green-függvénye, a megoldásfüggvény szerkezete.

(A matematikai eszközök összetettsége miatt ezt a tételt csak vázlatosan, a fontosabb ötletek bemutatásával kell tudni ismertetni, a bonyolultabb összefüggések részletes levezetése nem szükséges, az nem volt része a tananyagnak. Az obskúrusabb összefüggések, például a normalizáció külön papírra kiírva használhatóak a vizsgán. Az anyag a “Bevezetés a reaktorfizikába” című jegyzetben megtalálható.)

5. Gömbfüggvények és fontosabb tulajdonságaik. Általános használatuk ötlete, kapcsolat az egyes gömbfüggvények között: rekurziós relációk, addíciós tétel. A szórási tag kifejtése a transzportegyenletben Legendre-polinomok szerint. A P_L egyenetek általános levezetése.

(A rekurziós relációk és az addíciós tétel külön papírra felírva használható a vizsgán. Az anyag a “Reaktorfizikai számítások” című jegyzetben megtalálható.)

6. A P_L egyenletek levezetése egy dimenziós hasáb geometriában, a fluxus Legendre polinomok szerinti kifejtése. Peremfeltételek egy dimenzióban. (3D nem kell!) A P_L egyenletek Case-sajátértékei: levezetés P_1 esetén. A sajátértékek elhelyezkedése a komplex síkon általános esetben (vázlatosan).

(A rekurziós relációk és az addíciós tétel külön papírra felírva használható a vizsgán. Az anyag a "Reaktorfizikai számítások" című jegyzetben megtalálható.)

7. A diszkrét ordinátás (S_n) módszer alapötlete. Kvadraturák, szimmetriaviszonyok 1D hasáb-, gömb- és hengergeometriában, valamint általános 2D és 3D feladatoknál. Lehetséges stratégiák kvadraturák készítésére (vázlatosan). A diszkrét ordinátás egyenlet általános alakja. A diszkrét ordinátás egyenlet DD (véges differenciás, "diamond differencing") diszkrétizációja egy dimenziós hasábgeometriában: változók megválasztása, az egyenletek levezetése. A kapott mátrix szerkezete, megoldási eljárás (sweep, "söprés", és forrásiteráció) ötlete, előnyei.

(Az anyag egyes részei a "Reaktorfizikai számítások" című jegyzetben megtalálhatók. A DD diszkrétizáció szemléletében kissé eltér a jegyzetben ismertetett változattól, és az órán csak az 1D hasábgeometriát néztük.)

8. Végeselemes S_n módszer. A transzportegyenlet végesdifferenciás közelítésének korlátai, stabilitás, pontosság (csak koncepcióban, matematikai indoklás nélkül). Véges térfogatos diszkrétizáció ötlete ("szél felőli" hozzájárulások), levezetése, korlátai. Általánosítás, szakadós (DGFEM) végeselem-módszer alapjai, alkalmazása a diszkrét ordinátás egyenletek diszkrétizációjára. Megoldási módszer: söprés, függőségi gráfok és hurkok. Az S_n módszer alkalmazási területei, előnyös és hátrányos tulajdonságai.

9. A P_L -módszer fejlettebb változatai. P_L egyenletek levezetése általános Galerkin-szemléletben. Peremfeltételek Riemann-alapon, ennek alkalmazása DGFEM diszkrétizációnál (vázlatosan, csak az ötletek). A transzportegyenlet paritásos és páros paritású alakjai, levezetésük. A páros paritású egyenlet P_L -diszkrétizációja, előnyei, hátrányai (csak az ötlet, levezetés nem volt).

10. Az SP_n -egyenletek. Többcsoport P_L egyenletek egydimenziós alakja, csoportállandók, csoportfluxus-momentumok definíciója. A Marshak peremfeltétel. Egydimenziós P_3 egyenletek másodrendű alakjának felírása, analógia a páros paritású transzportegyenlet-alakkal, az egyenletalakok matematikai hasonlósága a többcsoport diffúzióegyenletek alakjával. Az SP_3 egyenletek ötlete: egyszerűsített áttérés háromdimenziós alakra. Az SP_3 egyenletek analitikus megoldási lehetőségei. Az SP_3 egyenletek CGFEM megoldása (csak a momentumok és csoportok kezelésének kérdését tárgyaltuk, részletes levezetés nem volt).

Utóirat: Ne tessék megfélekedni a házi feladatról!

Kópházi József, 2021. december 9.