

FÚZIÓS PLAZMAFIZIKA

1. Fúziós energiatermelés koncepciók

A fúziós energiatermelés magfizikai alapjai: reakciók, hatáskeresztmetszetek, üzemanyagciklus, termonukleáris fúzió koncepciója. A békés célú termonukleáris fúziós energiatermelés koncepcióinak (tehetetlenségi és mágneses összetartás) összehasonlító elemzése.

A plazmadiagnosztikák főbb típusai, kapcsolódó fizikai jelenségek: plazmahullámok, plazma sugárzása, rátaegyenletek. Fontosabb fúziós berendezések.

2. Mágneses összetartású fúziós technológia

Mágneses összetartás, töltött részecskék mozgása mágneses térben. A mágneses tér geometriája a különböző koncepciókban: lineáris berendezés, sztellarátor, tokamak, RFP. Fúziós berendezések telepítése és fő komponensei technológiai rendszerek. Plazma előállítás, anyagutánpótlás, fűtés, plazma-fal kapcsolat, áramhajtás, kísérlet menete.

Részecske- és hőtranszport fúziós plazmákban. Üzemeltetés szempontjából fontos instabilitások.

3. Elméleti fúziós plazmafizika

A plazma definíciója, legfontosabb fizikai tulajdonságai. A kinetikus elmélet, a többfolyadék-elmélet és a magnetohidrodinamika felépítése, jellemzői, alkalmazhatósági feltételei; alkalmazási példák.

MHD egyensúly, MHD stabilitás, fontosabb plazmahullámok és alkalmazásaik mágneses összetartású fúziós berendezésekben.

ORVOSI FIZIKA

4. Teleterápia – foton és elektron terápia

Besugárzókészülékek működési elve, felépítése, jellemző paraméterei. Foton- és elektronnyaláb kalibráció, kis besugárzómezők dozimetriája. A sugárterápiában alkalmazott mérés-technika eszközei és módszerei. Besugárzástervezés, képalkotók szerepe, besugárzási tervek értékelése, tervminőségi indexek, beteg-dozimetria. Képvézérelt sugárterápia eszközei, korrekciós módszerek. Teleterápiás besugárzókészülékek sugárvédelme. Sugárzás indukálta korai és kései mellékhatások sugárbiológiai jellemzői, LQ modell. Sugárbalesetek megelőzése, minőségellenőrzési mérések és kockázatbecslés.

5. HDR és LDR brachyterápia

Brachyterápiás besugárzási technikák, alkalmazott sugárforrások jellemzői, afterloading kezelések jellemzői. HDR készülékek felépítése, minőségbiztosítása és sugárvédelme, applikátorok alkalmazása. LDR brachyterápiás kezelések jellemzői, eszköztára, sugárvédelme. Képalkotó berendezések szerepe a terápiában. HDR és LDR brachyterápia sugárbiológiai jellemzői, korai és kései mellékhatások. Védendő szervek és célterületek

meghatározása, besugárzástervezési technikák, dóziselőírások, dózisszámítási módszerek. Sugárbalesetek megelőzése, minőségellenőrzési mérések, kockázatbecslés.

6. Orvosi képzés ionizáló sugárzással

Tomográfiás és planáris képrekonstrukció matematikája, algoritmusai: Radon- és inverz Radon-transzformált, ML-EM módszer, planáris leképezési eljárások és képminőségi jellemzők. Röntgen-diagnosztika: források, detektorok, CT. Izotópdiaagnosztika: sugárforrások, gamma-kamera, PET és SPECT felépítése, detektorai, Anger-elv, kollimátorok. Képminőséget befolyásoló paraméterek. Ionizáló elektromágneses sugárzás terjedése szövetekben, Monte Carlo módszerek orvosi alkalmazásokkal.

7. Orvosi képzés nem-ionizáló sugárzással

Mágneses rezonancia képzés: alapfogalmi, spinek rendeződése és relaxációja külső mágneses térben, T1, T2 relaxáció, Bloch egyenletek, az MRI készülék felépítése és működése, FID, pulse-echo és IR szekvenciák, 3D MRI képzés, kémiai eltolódás hatása és korrekciója. EPI szekvencia, műtermékek és korrekciós lehetőségeik, jel/zaj arány függése a képzési paraméterektől, zajstatisztika valós és k-térben, kontrasztok. Párhuzamos képzési technikák. Egyszerre többszeletes képzés, controlled aliasing, fázisban megszorított képzés, compressed sensing MRI, modern diffúziós MRI. Ultrahangdiagnosztika: források és detektorok, az UH kölcsönhatása anyaggal, szöveti modellek, A-, B- és M-módú képzés, Doppler-mód.

NUKLEÁRIS MÉRÉSTECHNIKA ÉS RADIOANALITIKA

8. Sugár- és részecskeforrások

Mag- és atomfizikai alapjelenségek. Ionforrások, részecskék gyorsítása elektrosztatikus és rezonancia módszerekkel, lineáris és ciklikus gyorsítók felépítése, működési elvek, nyalábkezelés, ionoptika, tároló-gyűrűk, speciális gyorsítók mag- és atomfizikai vizsgálatokhoz, részecskefizikai célokra épített nagyenergiájú gyorsítók, szinkrotronok és szabadelektron lézerforrások atomfizikai és anyagszerkezeti vizsgálatokhoz. Fontosabb részecskefizikai kutatólaboratóriumok gyorsító berendezései.

9. Elektromágneses sugárzás (EM) és részecskék detektálása

Detektálási alapelvek és az azokhoz tartozó alapvető elektromágneses sugárzás-anyag és részecske-anyag kölcsönhatások. Neutrínók és neutronok detektálásának fizikai lehetőségei és technikai megvalósításai. Gáztöltésű, szcintillációs és félvezető detektálási lehetőségek, eszközök és alkalmazásai. Elektromágneses sugárzás- és részecske-spektrométerek felépítése, fontosabb szerkezeti elemei. Gamma-, röntgen-, béta- és alfa-spektrometria módszerei és lehetséges alkalmazásai, jelformálási elvek (jelalak-diszkrimináció, repülési idő, koincidencia, helyérzékeny detektálás stb.) és elektronikai módszerek. Speciális félvezető, szupravezető és dozimetriai detektorok.

10. Radioanalitikai módszerek

Radioanalitika alapelvei, a legfontosabb műszeres eljárásai, valamint alkalmazásai az anyagok kémiai tulajdonságainak, összetételének, szerkezetének vizsgálatában és radioaktív izotópok elemzésében. Izotópeffektus, kormeghatározási módszerek, izotópok kémiai elválasztása.

Természetes és mesterséges eredetű radioaktív izotópok elemzési lehetőségei és módszerei. Radionalitikai és nukleáris spektroszkópiai eljárások alkalmazása a nukleáris iparban és az atomerőművek üzemeltetésében: hűtőfolyadékok radioanalitikai elemzése, sipping, fűtőelemek inhermetikussága vizsgálatának lehetőségei, radioaktív hulladékok, kibocsátások ellenőrzése.

SUGÁRVÉDELEM

11. Sugárvédelem és jogi szabályozása

A sugárzások biológiai hatásai. A dózis és dózisteljesítmény értelmezése fizikai, mérés-technikai és biológiai szempontok szerint, alap- és származtatott mennyiségek, a dózisokra vonatkozó szabályozás elemei, a dózis- és dózisteljesítmény mérésének eljárásai. Az emberi szervezetbe jutó, belső sugárterhelést okozó radioaktív anyagok típusai, meghatározási módszereik. Természetes és mesterséges sugárzás forrásai. A sugárvédelem hazai és nemzetközi jogi szabályozása. Sugárforrások kezelése. Sugárbaesetek. Sugárzó anyagok szállításának nemzetközi szabályozása.

12. Szennyezés-terjedés és radioaktív hulladékok kezelése

A környezeti sugárterhelés összetevői, eredetük, a természetbe kikerülő radioaktív anyagok forrásai. Radioaktív anyagok terjedése homogén és heterogén környezeti rendszerekben. Környezeti minták radioaktivitásának meghatározása laboratóriumi és in situ módszerekkel, sugárvédelmi monitorozás. Radioaktív hulladékok keletkezése, kezelésük, a térfogatcsökkentés, a kondicionálás megoldásai, radioaktív hulladékok átmeneti és végleges elhelyezése, a radioaktív hulladékok minősítésének vizsgálati módszerei. Nukleáris létesítmények leszerelése.

ATOMREAKTOROK FIZIKÁJA

13. Magfizika

Atommagok alaptulajdonságai (magsugár, sűrűség, magspin, kvadrupól- és mágneses dipólmomentum, kötési energia). Atommagok stabilitása, bomlási formák és azok elméleti leírása, bomlási sorok, a radioaktív sugárzás és anyag kölcsönhatásai. Magmodellek leírása: Fermi-gáz modell, cseppmodell, kollektív modell. Magerők Yukawa-modellje, izospin. Magreakciók általános jellemzői, direkt és közbenső mag képződésével járó magreakciók, rezonanciák. Maghasadás és magfúzió.

14. Reaktorfizika

Boltzmann-transzportegyenlet és analitikus megoldása (Case-módszer), diffúziós közelítés, reaktorkinetika alapjai, reaktivitás-visszacsatolások, neutronzaj-módszerek, reaktivitás-mérés módszerei, lassuláselmélet. S_n és P_1 módszerek, végesdifferencia- és végeselem-diszkretizáció, reaktorfizikai számítások folyamata (rezonancia-árnyékolás, cellahomogenizálás). Reaktorfizikai kódok.

15. Termohidraulika

Reaktorokban alkalmazott anyagok (szerkezeti anyagok, üzemanyagok, hűtőközegek), fizikai jellemzőik. Hőterjedés a reaktoranyagokban. Hőátvitel különböző hűtőközegek alkalmazása esetén. Hidraulikai egyenletrendszer. Hűtőközeg-csatorna stacionárius viszonyai egy- és kétfázisú áramlás esetén. Forrásos hőátadás, forráskrizisek. Teljesítmény- és hőmérséklet-eloszlás az aktív zónában, üzemi korlátok. Rendszerek atomreaktorok termohidraulikai számításaihoz. Háromdimenziós hő- és áramlástan problémák leírásához szükséges egyenletek, azok numerikus megoldási módszerei; CFD kódok.

16. Monte-Carlo-részecsketranszportmódszerek

A Monte-Carlo-módszerek alapjai (pszeudo véletlenszámok, reakció-, irány- és szabadúthossz-sorsolások), elmélete (integrálegyenletek megoldása Monte-Carlo-módszerrel, ütközési és úthossz-becslők, szóráscsökkentési-módszerek, adjungált Monte-Carlo) és gyakorlata (legelterjedtebb kódok, tipikus alkalmazások).

17. Atomreaktorok és üzemanyagciklus

Üzemanyagciklus létesítményei (uránbányászat, dúsítás, üzemanyag-gyártás, kiégettüzemanyag-kezelés, reprocessálás, végleges elhelyezés). Atomerőmű-típusok és generációik, termikus és gyorsreaktorok. Atomerőművek felépítése (konténment-rendszer, energiatermelés rendszere, hőséma, biztonsági rendszerek, hűtés, szellőzés, irányítás). Üzemanyag viselkedése a kiegészítő ciklus során. Gyorsreaktorok fejlett üzemanyagciklusban (tenyésztés, transzmutáció). Kiegészítő számítások és üzemanyagciklus-szimulációk.

18. Atomreaktorok üzemtana

Moderáltság és reaktivitástényezők. A reaktor önszabályozó képessége. Üzemi paraméterek változása a kampány során. Xe és Sm mérgezethez. Fűtőelemek és a reaktortartály viselkedése és állapotellenőrzése. Fűtőelemsérülés folyamatai és detektálása. Atomreaktor és technológiai környezete mint sugárforrás. Aktívzóna-monitorozás, in-core és ex-core detektorok. Atomreaktorok műszerezése és diagnosztikája, üzemi mérései. Vezénylőterem kialakítása.

19. Atomreaktorok biztonsága

Atomreaktorok biztonságának hazai és nemzetközi szabályozási környezete. Nukleáris biztonsági alapelvek. Tervezési követelmények, engedélyezés. Tervezési alap, annak kiterjesztése. Telephely kiválasztásának szempontjai és követelményei. Külső és belső kezdeti események. Determinisztikus és valószínűségi alapú biztonsági elemzések, módszereik, eszközeik. A kockázat alapú vagy kockázat szempontú tervezés, a biztonság szerinti differenciálás elve a tervezésben. Kiégett üzemanyagok biztonságos tárolásának szempontjai. Atomerőmű-balesetek és tanulságaik, hatásuk az atomenergetika fejlődésére.