

A Fizikus MSc szak záróvizsga-tételei

Érvényes: a 2025/2026. tanév nyári záróvizsga-időszakában

„A” tételek: összesen 11 db általános tétel, minden vizsgázó hallgatónak egységes.

„B” tételek: összesen 11 db tétel:

- **1-5. tétel:** általános, minden vizsgázó hallgatónak egységesen ugyanaz
- **6-11. tétel:** a hallgató által a képzés során teljesített és előzetesen meghatározott 3 modultárgyhoz kapcsolódó tételek (modultárgyanként 2-2 tétel)
A hallgató által választott 3 modultárgy kizárólag a fizika köréhez kapcsolódó tantárgy lehet.

„A” tételek

1. A klasszikus térelmélet elemei

Lagrange-formalizmus a klasszikus mezők elméletében: variációs elv, Euler-Lagrange egyenlet, Noether-tétel. A kanonikus energia-impulzus tenzor. A Klein-Gordon mező, mint példa. Az elektromágneses mező Lagrange-sűrűsége, energia-impulzus tenzora és lokális mértékinvarianciája.

2. Elektromágneses hullámok és hullámeqyenlet

Homogén és inhomogén hullámeqyenlet. Skalár- és vektorhullámok. Sík- és gömbhullámok. Monokromatikus hullámok. Hullámok Fourier-féle felbontása. A fény polarizációs állapotának leírása.

3. Közegek elektrodinamikája

A Maxwell egyenletek vákuumban és közegekben. A Lorentz-féle átlagolási eljárás elve. A polarizáció és a mágnesezettség fogalma. Az anyagbeli (fenomenologikus) Maxwell-egyenletek differenciális és integrális alakja. Anyagi egyenletek.

4. Elektromágneses hullámok közegekben

A diszperzió és a törésmutató egyszerű modellje, anomális diszperzió, rezonáns abszorpció, Kramers-Kronig-reláció. A csoportsebesség, hullámcsomag terjedése diszperzív közegben. A vezetőképesség elemi modellje, vezetőképesség alacsony és nagyon magas frekvencián.

5. Az impulzusnyomaték és a spin a kvantummechanikában

Az impulzusnyomaték spektruma, pálya-impulzusnyomaték és spin, gömbfüggvények és paritás. Két impulzusnyomaték összeadása. Impulzusnyomaték és mágneses tulajdonságok kapcsolata, Zeeman-effektus.

6. Atomspektrumok

A hidrogén atom elsődleges spektruma, finomszerkezet, hiperfinom szerkezet, Lamb eltolódás. A periódusos rendszer felépítése. Az alkáli atomok spektruma, a hélium atom spektruma.

7. Molekulák spektrumai

Két-és többatomos molekulák spektruma, elektron, rezgési és rotációs spektrumok. Raman-spektroszkópia. Az elektron- és a magmozgás szétválasztása, adiabatikus és Born-Oppenheimer közelítés.

8. A statisztikus fizika alapvető módszerei.

Mikrokanonikus, kanonikus és nagykanonikus eloszlások, termodinamikai potenciálok. Reális gázok. A folyadék-gőz átalakulás van der Waals elmélete.

9. Ideális kvantumgázok

Azonos független részecskékből álló rendszerek, betöltési számok. Ideális fermiongáz, a Bethe-Sommerfeld féle sorfejtés. Ideális bozongáz, Bose-Einstein kondenzáció. A fotongáz, a Planck-féle sugárzási törvény.

10. A részecskefizika standard modelljének elemei

Alapvető kölcsönhatások és megmaradási törvények. Részecskék és mezők közötti megfeleltetés: a Klein-Gordon mező kvantálása, mint példa. Dirac egyenlet, Yang-Mills mezők, spontán szimmetriasértés, Higgs-mechanizmus.

11. A standard kozmológiai modell

A kozmológiai elv. Friedmann, Raychaudhuri és folytonossági egyenletek, kapcsolatuk. Állapotegyenletek és a skálafaktor időfejlődése por, sugárzás, kozmológiai állandó esetén. Az univerzum életkora. Luminozitás-távolság vöröseltolódás-függése és kis távolságokra érvényes közelítése: a Hubble-törvény. Feszültségek a Hubble-állandó meghatározásában. Az $\Omega_{\Lambda 0}$ — Ω_{m0} diagramm. Az univerzum összetételét meghatározó megfigyelések. A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás.

„B” tételek

Általános „B” tételek:

1. Fourier-transzformáció fizikai alkalmazásai

Fizikai folyamatok és rendszerek frekvencia analízise. Stacionárius és nem stacionárius jelek. Laplace-transzformáció, Fourier-transzformáció és diszkrét Fourier-transzformáció. A spektrum értelmezése. Rendszerelméleti alapfogalmak, soros RLC-kör átviteli függvénye és mérése. Spektrométer készülék-függvénye (amplitúdóátvittele), spektrális felbontóképesség.

2. Rácsrezgések szilárdtestekben

A háromdimenziós rács rezgései, optikai és akusztikus ágak, fononok. Az állapotsűrűség fogalma, kiszámítási módja, Einstein és Debye közelítése. A fonongáz fajhője, az alacsony hőmérsékletű határeset és a fononkép, a Dulong-Petit-törvény. Rezgésállapotok amorf anyagokban.

3. Elektronállapotok szilárdtestekben

Elektronok periodikus potenciálban, translációs szimmetria, Bloch- állapotok. A sáv szerkezet megjelenése egyelektron közelítésben. Betöltöttség, a fémek, szigetelők és a félvezetők kvalitatív sávképe. Hibahelyek hatása az elektronszerkezetre. Amorf anyagok elektronállapotai. Kísérleti módszerek a sáv szerkezet meghatározására: ARPES, fotoelektron-spektroszkópia.

4. Az anyagok mágneses tulajdonságai

Független részecskék mágnessége. Para- és diamágnesség. Curie törvény. Ferromágneses anyagok, az Ising-modell, átlagtér-közelítés és a Landau-elmélet. Az egydimenziós modell megoldása, energia-entrópia érvelés a mágneses rend létezéséről.

5. Az atommagok kötési energiája

A magrők tulajdonságai. A kötési energia értelmezése a Fermi-féle gázmodellben, cseppmodell, héjmodell. Mágikus számok, oszcillátor potenciál közelítés, a spin pálya kölcsönhatás.

Modultárgyak tételei:**I. modultárgy: Környezeti áramlások fizikája****1. A Föld globális energiaegyensúlya és a globális energiatranszport folyamatok**

A Föld globális energiaegyensúlyának részfolyamatai és egyszerűsített modelljei. Globális energiatranszport, a légkör cellás szerkezete.

2. Nagyléptékű környezeti áramlások

Áramlások a troposzférában és a planetáris határrétegben

II. modultárgy: Alkalmazott spektroszkópia**1. Fotoakusztikus spektroszkópia**

Fotoakusztikus jelkeltés alapjai. Fotoakusztikus rendszerek felépítése, kalibrációja. Alkalmazások.

2. Optikai abszorpció és gerjesztési spektroszkópia

Természetes vonalszélesség, vonalkiszélesedési mechanizmusok (Doppler, ütközési). Abszorpció és gerjesztési spektroszkópia. A két módszer érzékenysége.

III. modultárgy: Reaktortechnika**1. Atomreaktorok típusai, reaktorgenerációk**

Csoportosítás rendeltetés és biztonság alapján. Az alul- és felülmoderáltság magyarázata. Reaktortípusok felépítés és hűtőközeg alapján. A jövő atomreaktorai, generációs csoportosítás. Tenyésztőreaktorok. Evolúciós és revolúciós reaktorok.

2. Atomerőművek üzemanyagciklusa

Uránbányászat, ércfeldolgozás, dúsítási eljárások. Uránüzemanyagok, a fűtőelemgyártás lépései, fűtőelemtípusok. Hulladékosztályozás, hulladékkezelés, reprocessálás, transzmutáció. Izotóptemetők technikai, földtani jellemzői. Védelmi gátak.

IV. modultárgy: Globális környezeti katasztrófák**1. Atomerőmű-balesetek**

INES-skála. Jelentősebb atomerőmű-balesetek (Windscale, Hanford). A Paksi Atomerőmű üzemzavara. A Csernobili atomerőmű-balesethez vezető tényezők (wigneritis, felülmoderáltság, xenonmérgezés, szabályozórudak helyzete). Beépített védekezési fokozatok a Paksi Atomerőműben.

2. Földrengések

A földrengések lehetséges okai. Intenzitásskálák (Mercalli-skála, Richter-skála, momentummagnitúdó). Földrengéshullámok csoportosítása, fizikai jellemzése. A földszerkezet kutatása földrengéshullámok segítségével. A Föld belső felépítése.

V. modulárty: Lézerek az orvostudományban

1. Lézersebészeti eljárások a szemészetben

A szem, mint optikai rendszer; refraktív sebészet (rövid-, távollátás lézeres gyógyítása, PRK, LASIK, INTRA-LASIK); átlátszó közegek mögötti lézeres műtéti technikák alkalmazása (zöldhályog, szürkehályog gyógyítása, retinális beavatkozások).

2. Lézerspektroszkópia a klinikai diagnosztikában

Az orvosi diagnosztika lényege, célja; lézer-indukált fluoreszcencia spektroszkópia (LIFS) és alkalmazásai; fotodinamikus diagnosztika és terápia a rák gyógyításában; biológiai anyagok beazonosítása Raman-spektroszkópiával.

VI. modulárty: Femto- és nemlineáris optika alapjai

1. Ultrarövid lézerimpulzusok és terjedésük anyagi közegben

Ultrarövid fényimpulzusok jellemzése és megadása. Határozatlansági és határozatlansági jellegű relációk. Rövid impulzusok terjedése lineáris diszperzív közegben. Formulák időben Gauss-eloszlású impulzusokra.

2. Nemlineáris optika alapjai

A fény terjedése anizotróp közegben. Hullámegyenlet nemlineáris polarizációval. Másodharmonikus keltés, háromhullám keverés. Optikai parametrikus erősítés és oszcilláció. Rövid impulzusok önfázismodulációja és következményei.

VII. modulárty: Kvantumelektrodinamika és kvantumoptika

1. Az elektromágneses mező kvantumos szerkezete, kvantumoptika

A mező felbontása normál módusokra, számállapotok és a foton fogalma. Koherens állapotok és tulajdonságaik. Préselt állapotok.

2. Kétnívós atomi rendszer és rezonáns mező kölcsönhatása.

A Jaynes-Cummings-Paul modell klasszikus és kvantumos leírása. A kvantumos modell kísérleti megvalósítása.

VIII. modulárty: Kvantumtérelmélet

1. Kanonikus és útintegrál kvantálás a szabad skalármező elméletben

Schrödinger-kép, Heisenberg-kép és Kölcsönhatási-kép. Szabad valós és komplex skalármezők kanonikus kvantálása, Fock-tér; Feynman-propagátor; Wick-tétel. Funkcionális integrál ("útintegrál") a skalár kvantummező-elméletben; generáló-funkcionál skalármezőre; n-pont Green-függvény.

2. Önkölcsönható skalármező kvantumtérelmélete

Szórás-mátrix elemek; Mandelstam-változók; Kölcsönhatási-kép alkalmazása a kölcsönható (valós) skalármezőre; generáló funkcionál; Példa: a ϕ^4 önkölcsönható skalármező: Feynman-diagramok, koordináta-térbeli Feynman-szabályok, vákuum-diagramok eliminálódása, Feynman-szabályok impulzus-térben. Lehmann—Symanzik—Zimmermann-redukciós formula (LSZ-redukciós formula) valós skalármezőre.

IX. modulárny: Relativisztikus asztrofizika

1. Részecské mozgása Schwarzschild-téridőben

Tőmeges részecske mozgása, mozgásállandók, pályastabilitás. Bolygópályák precessiója. Fotonok mozgása, fotonpályák stabilitása. Fényelhajlás a Naprendszerben és kompakt égitestek körül.

2. Gravitációs lencsézés

Gravitációs törésmutató. Lencseegyenlet Schwarzschild-téridőben, a képek helyzete, Einstein-gyűrű.

X. modulárny: Az általános relativitáselmélet alapjai

1. Riemann-geometria, mint gravitáció

A metrikus tenzor, metrikával kompatibilis konnexió, Riemann-, Ricci-, Einstein-tenzorok, Bianchi-azonosság, Einstein-egyenlet. Geodetikus és geodetikus deviációs egyenlet.

2. A gravitáció variációs elve

Einstein-Hilbert hatás variációja. Energia-impulzus tenzor. Az anyag minimális csatolása, anyagi és elektromágneses mezők görbült háttéren.

XI. modulárny: A femtoszekundumos lézerektől az attoszekundumos fizikáig

1. Femtoszekundumos impulzusok

Ultrarövid impulzusok jellemzői spektrális és időképben. Femtoszekundumos impulzusok időbeli karakterizálására szolgáló diagnosztikai eszközök, működésük fizikai alapelvei, amplitúdó- és fázisrekonstrukció. A pumpa-próba módszer.

2. Attoszekundumos fizika

Atomok erős lézertérben (optikai ionizáció, magasrendű felharmonikusok keltése és annak háromlépcsős modellje, küszöbfeletti ionizáció). Attoszekundumos impulzussorozatok időbeli karakterizálása. Fázisillesztés alapjai.

XII. modulárny: Vékonyrétegek előállítása és alkalmazása

1. Vékonyrétegek, keletkezésük és szerkezetük

A rétegépülés lépései, fizi- és kemisorpció, klasztermigráció. Rétegépülési módok és azok energetikai leírása. Epitaxia. Szerkezet-zóna modell.

2. Fontosabb vékonyréteg-építési technológiák bemutatása és a velük készíthető vékonyrétegek jellemzése

Párolgatás. Molekulanyaláb-epitaxia. Porlasztás. Kémiai gőzfázisú leválasztás. Atomi rétegleválasztás.

XIII. modultárgy: Elméleti asztrofizika 1.

1. Csillagszerkezetet leíró alapegyenletek

Csillagok hidrosztatikai egyensúlya. Viriáltétel és stabilitás. Ideális gáz és sugárzási tér állapotegyenlete. Fizikai viszonyok a csillagok felszínén és centrumában. Csillagok szerkezetét leíró differenciálegyenlet-rendszer.

2. Magreakciók a csillagokban

Magreakciók energetikája. Rezonáns- és nemrezonáns hatáskeresztmetszet. Gyenge kölcsönhatás szerepe. H-He fúzió lehetséges reakcióhálózatai. Nehezebb elemek fúziója. Szupernóva-robbanások szerepe a vasnál nehezebb elemek kialakulásában.

XIV. modultárgy: Elméleti asztrofizika 3.

1. A sugárzás terjedése a csillaglégkörben

Optikai mélység fogalma. A sugárzási transzferegyenlet plánparallel atmoszférában. A transzferegyenlet formális megoldása. Abszorpció és emissziós folyamatok, folytonos és vonalas abszorpció. Szürke atmosféra modellje.

2. A csillagpulzáció elméleti alapjai

Asztrofizikai közegek hidrodinamikai alapegyenletei: kontinuitási egyenlet, Euler-egyenlet, energiaegyenlet. Euler- és Lagrange-kép. Egyzóna-modell és tulajdonságai. A lineáris, adiabatikus, radiális pulzáció egyenlete (Sturm-Liouville probléma) és tulajdonságai. Pulzáló csillagok empirikus periódus-fényesség relációjának elméleti értelmezése.

XV. modultárgy: Obszervációs csillagászat 1.

1. Változócsillagok alapvető típusai és megfigyelési módszereik

Pulzáló változócsillagok az instabilitási sávban és azon kívül. Rotáló változócsillagok. Kettős és többes csillagrendszerek. Eruptív változócsillagok. Kataklimikus változócsillagok.

2. Kozmikus távolságmérés

A Csillagászati Egység fogalma és mérése. Trigonometriai parallaxis. Távolságmérés változócsillagok vizsgálatával. Extragalaktikus távolságmérési módszerek. A kozmikus távolságlétra.

XVI. modultárgy: Alkalmazott statisztikus fizika

1. Komplex hálózatok és matematikai modelljei

Komplex hálózatok példái és jellemzői. A komplex hálózatok matematikai modelljei: Erdős-Rényi-modell, perkoláció, kicsi a világ modell, skálamentes hálózat modellje.

2. Pénzügyi befektetések kockázatelemzése és a portfólió optimalizáció

A befektetések kockázatának jellemzői (volatilitás, kockázati érték). A portfólió optimalizáció alapjai Gauss-típusú befektetések esetén (nem korrelált és korrelált befektetések példáján).