

A Fizikus MSc szak záróvizsga-tételei

Érvényes: a 2023/2024. 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 egységes
- 6-11. tétel: a hallgató által a képzés során teljesített és előzetesen megjelölt 3 modultárgyhoz kapcsolódó, modultárgyanként 2-2 tétel.

A 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 hullámegyenlet

Homogén és inhomogén hullámegyenlet. 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 $\Omega_{\Lambda 0}$ — $\Omega_{m 0}$ 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 (amplitúdóátvitele), 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 energiateranszport folyamatok**

A Föld globális energiaegyensúlyának részfolyamatai és egyszerűsített modelljei. Globális energiateranszport, 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. modultárgy: 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; fotodinamik diagnosztika és terápia a rák gyógyításában; biológiai anyagok beazonosítása Raman-spektroszkópiával.

VI. modultárgy: 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. modultárgy: 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. modultárgy: Kvantumtérelmélet

1. Kanonikus és útintegrál kvantálás

Schrödinger- és Heisenberg-képek a kvantummechanikában. Dyson-sor. Útintegrál a kvantummechanikában. Útintegrál harmonikus oszcillátorra, mint példa. A harmonikus oszcillátor energia sajátállapotai és energia szintjei. Valós Klein-Gordon mező kanonikus kvantálása. Útintegrál mezőelméleti általánosítása valós Klein-Gordon mezőre. Green-függvények interpretációja és számolása útintegrál segítségével.

2. Önkölcsönható skalármező kvantumtérelmélete

Útintegrál külső forráshoz lineárisan csatolt valós skalármezőre. A skalármező Feynman-propagátora és kapcsolata a 2-pont Green-függvénnyel. Köbös önkölcsönható skalármező modell: Feynman-szabályok koordináta, illetve impulzus térben. Vákuum-diagramok eliminálódása. A mező operátor vákuum várható

értéke eltűnésének biztosítása a Lagrange-sűrűséghez hozzáadott ellentaggal. A Lehmann-Symanzik-Zimmerman (LSZ) redukciós formula.

IX. modultárgy: Relativisztikus asztrofizika

1. Részecskék mozgása Schwarzschild-téridőben

Tömeges 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. modultárgy: 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. modultárgy: A femtoszekundumos lézerektől az attoszekundumos fizikáig

1. Femtoszekundumos impulzusok

Ultrarövid impulzusok jellemzői spektrális és időképből. 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. modultárgy: Vékonyrétegek előállítása és alkalmazása

1. Vékonyrétegek, keletkezésük és szerkezetük

A rétegépülés lépései, fizi- és kemiszorpció, 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. Abszorpciós és emissziós folyamatok, folytonos és vonalas abszorpció. Szürke atmoszféra 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).

A záróvizsgán használható könyvek jegyzéke

Érvényes: a 2023/2024. tanév nyári záróvizsga-időszakában

1. Benedict M.: Kantummechanika (SZTE, 2010, digitális tananyag)
2. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe: Quantum Mechanics. Vol. 1. & 2. (Wiley, 1977)
3. J. J. Sakurai: Modern Quantum Mechanics (Addison Wesley, 1994)
4. P. W. Atkins: Molecular Quantum Mechanics (Oxford University Press, 2004)
5. M. Weissbluth: Atoms and Molecules (Academic Press, 1978)
6. J. D. Jackson: Klasszikus elektrodinamika (Typotex Kiadó, 2004)
7. L. D. Landau, E. M. Lifsic: Elméleti fizika VIII (Tankönyvkiadó, 1986)
8. Györgyi G.: Elméleti magfizika (Műszaki Kiadó, 1965)
9. K. N. Muhin: Kísérleti magfizika (Tankönyvkiadó, 1985)
10. Lovas I.: Részecskefizika, (Debreceni Egyetem, egyetemi jegyzet, 2000)
11. Patkós A., Polónyi J.: Sugárzás és részecskék – Bevezetés az elemi részek fizikájába (TYPOTEX, 2000)
12. Horváth D., Trócsányi Z.: Bevezetés az elemi részek fizikájába (TYPOTEX, 2022)
13. Nagy K.: Termodinamika és statisztikus mechanika (Tankönyvkiadó, 1991)
14. F. Reif: Fundamentals of statistical and thermal physics (McGrawHill, 1985)
15. L.D. Landau, M. Lifsic: Elméleti fizika 5. Statisztikus fizika, (Tankönyvkiadó, 1981)
16. Sólyom J.: A modern szilárdtestfizika alapjai I. II. III. (ELTE, Eötvös Kiadó, 2003)
17. C. Kittel: Bevezetés a szilárdtestfizikába (Műszaki Könyvkiadó, 1981)
18. Gyémánt I. és sztsai: Szilárdtestfizikai alapismeretek (JATEPress, 2012)
19. N. H. March, R. A. Street, M. P. Tosi (eds.): Amorphous solids and the liquid state (Plenum Press, 1985)
20. Gergely Árpád László: Relativitáselmélet, V. fejezet – Kozmológia (egyetemi jegyzet, 2022)
21. Stephen Weinberg: Cosmology, Oxford University Press (2008)
22. Csom Gy.: Atomenergia-rendszerek nukleáris üzemanyagciklusának továbbfejlesztési lehetőségei (Akadémiai Kiadó, 1988) – 44-83. oldal
23. Kiss D., Kajcsos Zs.: Nukleáris technika (Tankönyvkiadó, 1984) –212-278. oldal
24. Fodor Gy.: Jelek, rendszerek és hálózatok, 1. és 2. kötet, (Műegyetemi Kiadó, 1998 és 2003).
25. U. Tietze, G. Schenk: Analóg és digitális áramkörök (Műszaki Könyvkiadó, 1990)
26. A. Nussbaum, R. A. Phillips: Modern optika (Műszaki Könyvkiadó, 1981)
27. Almás G. és sztsai: Lézerfizika (SZTE-PTE,2013, digitális tananyag)
28. Osvay K. és sztsai: A femtoszekundumos optika alapjai (SZTE, 2013, digitális tananyag)
29. Hopp B. és sztsai: Lézerek az orvostudományban (digitális tananyag, SZTE, 2013)
30. Bozóki Z.: Környezeti áramlások fizikája (SZTE 2022, digitális tananyag)
31. Demtröder: Laser Spectroscopy (Springer, 1981)

32. Marx György: Atommag-közelben (Mozaik Oktatási Stúdió, 1996) – 107-172. és 214-227. oldalak
33. Kis Károly: Általános geofizikai ismeretek (ELTE Eötvös Kiadó, 2007)
34. Gergely Árpád László: Relativisztikus asztrofizika (egyetemi jegyzet, 2022)
35. Gergely Árpád László: Általános relativitáselmélet alapjai (egyetemi jegyzet, 2023)
36. Gergely Árpád László: Relativitáselmélet alapjai (egyetemi jegyzet, 2023)
37. R.P. Feynman, A.R. Hibbs: Quantum Mechanics and Path Integrals – Emended Edition (Dover Publications, 2010)
38. W. Greiner, J. Reinhardt: Field Quantization (Springer, 1996)
39. M. Srednicki: Quantum Field Theory, Part I.: Spin Zero (University of California, 2004)
40. Jean-Claude Diels, Wolfgang Rudolph: Ultrashort laser pulse phenomena
41. Zenghu Chang: Fundamentals of Attosecond Optics
42. Milton Ohring: The Materials Science of Thin Films, Deposition and Structure – 2nd Edition (Academic Press, 2002)
43. Carroll & Ostlie: Introduction to modern astrophysics (Addison Wesley, 1996)
44. Csillagászat – szerk.: Marik Miklós (Akadémiai Kiadó, 1987)
45. Hansen & Kawaler: Stellar Interiors (Springer, 1994)
46. Cooper – Walker: Csillagok távcsővégen (Gondolat Kiadó, Budapest, 1994)
47. Dálya G.: Bevezetés a csillagászatba (CSFKI, 2021)
48. Réka Albert and Albert-László Barabási: Statistical mechanics of complex networks (Reviews of Modern Physics, VOLUME 74, 47, January 2002)
49. Jean-Philippe Bouchaud and Marc Potter: Theory of Financial Risk and Derivative Pricing (Cambridge University Press, 2003)
50. Benedict Mihály: Elektrodinamika - JATE Press, Szeged 2010 (2. kiadás)
51. Horváth Zoltán: Fizikai optika (SZTE, 2014, digitális tananyag)
52. Iglói Ferenc, Görbe Tamás Ferenc: Statisztikus fizika – vázlatok (2012)
53. Bogár Ferenc: Bevezető fejezetek a molekulák elektronszerkezetének elméleti leírásába
54. Benedict Mihály: Quantum theory of atoms, molecules and their interaction with light
55. Max Born; Emil Wolf: Principles of Optics (Pergamon Press, 6.kiadás)
56. Jean-Claude Diels; Wolfgang Rudolph: Ultrashort Laser Pulse Phenomena 2nd ed (Academic Press, 2006)
57. Zenghu Chang: Fundamentals of Attosecond Optics (CRC Press, 2011)
58. Jianquan Yao; Yuyue Wang: Nonlinear Optics and Solid-State Lasers (Springer, 2012)
59. L. H. Ryder, Quantum Field Theory (Cambridge University Press, 1996)
60. M. Thomson: Modern Particle Physics (Cambridge University Press, 2013)
61. M. Kaku: Quantum Field Theory – A Modern Introduction (Oxford University Press, 1993)