

Csillagász MSc záróvizsga-tételsor

(2026. június)

1. A belső fotoeffektuson alapuló csillagászati képalkotó detektorok

Alapjelenség, a fotodióda-mátrix (CCD) feltalálásának rövid története, működési elve (három fázisú CCD töltéscsomag transzfer sémája), zajforrások. Fő típusok (fullframe, frame transfer, interlaced, Bayer-maszkos színes). A CCD továbbfejlesztési irányai (mikrolencsés CCD-k, kékérzékenyítő bevonatok, hátsó megvilágítású CCD-k, EMCCD, antiblooming gate). CMOS.

2. Optikai (csillag-) interferometriai technikák

Egy objektívval létrehozható interferencia (Michelson-féle csillag-interferométer szerkezete, működése és felbontóképességi formulája). Fő felbontási tengely. Nem pontszerű fényforrások 2D felbontásának módja. Két objektívval létrehozható interferencia (optikai úthossz-különbség, u-v diagramok). Okkultációs interferometria (Hold) használhatósága, korlátai. Speckle-interferometria.

3. Csillagászati spektroszkópok műszertechnikája

Cassegrain- és echelle spektroszkópok, multiobjektum-spektroszkópok, szögdiszperzió, reciprok lineáris diszperzió, felbontóképesség, szabad spektráltartomány.

4. A kéttest-probléma

Kéttest-probléma (mozgásegyenletek, első integrálok, visszavezetés az egycentrum-problémára, pályaelemek, Kepler-egyenlet transzcendens volta és megoldása, efemerisszámítás, egyenesvonalú mozgás, regularizáció, perturbációs számítás, kanonikus formalizmus). A kéttest-probléma asztrofizikai alkalmazásai.

5. A három- és N-test probléma

Három- és N-test probléma (mozgásegyenletek, első integrálok, elvi megoldás, egyensúlyi megoldások). Korlátozott háromtest-probléma (mozgásegyenlet és egyensúlyi megoldásai, Jacobi-potenciál és konstans, zéró sebességű görbék, Roche-modell és alkalmazásai).

6. 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.

7. Magreakciók a csillagokban

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

8. A csillagfejlődés alapvető fizikai leírása

Protocsillagok evolúciója: Jeans-tömeg és a Hayashi-vonal. Csillagfejlődés a fősorozaton. A Schönberg–Chandrasekhar-határ. Kis- és nagy tömegű óriáscsillagok fejlődése. Csillagfejlődési végállapotok és szupernóva-robbanások.

9. A sugárzás terjedése a csillagok légkörében

A csillagszínképek kialakulásának elméleti háttere: radiatív transzferegyenlet, spektrumvonalak keletkezése, vonalkiszélesedési mechanizmusok, Fowler-Milne elmélet.

10. Változócsillagok

A változócsillagok alapvető típusai. Periódusmeghatározási módszerek (O-C diagram, idő-frekvencia módszerek). Pulzáló csillagok a fősorozaton és azon kívül, kappa-mechanizmus. Csillagok állapotjelzőinek meghatározása és kozmikus távolságmérés változócsillagok segítségével.

11. Szoros kettős rendszerek

Szoros kettősök dinamikája, Roche-térfogat. Tömegátadás típusa kettős rendszerekben. Szabadesési akkréció. Cirkularizációs- és Alfén-sugár. A tömegbefogási korong vertikális struktúrája.

12. Űrcsillagászat

Az űrcsillagászat előnyei. Űrcsillagászat az optikai tartományban, a Hubble-űrtávcső legfontosabb felfedezései. Űrfotometria (Kepler, TESS). Infravörös és szubmilliméteres űrcsillagászat (detektortípusok, legfontosabb eszközök és felfedezések). UV-, röntgen- és gammacsillagászat (detektortípusok, legfontosabb eszközök és felfedezések). Űrasztrometria, parallaxismérés (Hipparcos, Gaia).

13. A Tejútrendszer szerkezete és fizikai jellemzői

A Tejútrendszer feltérképezése és a sztéllárisztatistika alapjai. Tejútrendszer morfológia jellemzői. A Tejútrendszer kémiai összetétele és csillagpopulációi. A Tejútrendszer forgása, a rotációs görbe értelmezése, sötét anyag.

14. A Tejútrendszer dinamikai leírása

Mozgások tengelyszimmetrikus gravitációs térben. Csillagütközések egyszerű leírása. Spirálkarok szerkezete és kialakulása. Galaktikus dinamika statisztikus értelmezése.

15. Extragalaktikus csillagászat

Galaxisok osztályozása. Galaxisok fotometriai és spektroszkópiai tulajdonságai. Galaxis-halmazok és nagyléptékű struktúrák alapvető leírása. Aktív galaxissal rendelkező galaxisok (AGN-ek). Kölcsönható galaxisok. Extragalaktikus távolságmérési módszerek.

16. Fekete lyukak és gravitációs hullámok

Gömbszimmetrikus (Schwarzschild) fekete lyuk, eseményhorizont. Forgó fekete lyuk, akkréciós korong, jet. Event Horizon Teleszkóp észlelések. Gravitációs hullámok forrásai, interferometrikus detektorok (LIGO, Virgo, Kagra, Einstein Teleszkóp, LISA), gravitációshullám-észlelések.

17. Részecskék mozgása és gravitációs lencsézés Schwarzschild-téridőben

Tömeges részecske mozgása, mozgásállandók, pályastabilitás. Bolygópályák precessziója. Fotonok mozgása, fotonpályák stabilitása. Fényelhajlás a Naprendszerben és kompakt égitestek körül. Gravitációs törésmutató. Lencseegyenlet Schwarzschild-téridőben, a képek helyzete, Einstein-gyűrű.

18. Relativisztikus csillagmodellek

Gömbszimmetrikus csillagmodellek. A hidrosztatikai egyensúly relativisztikus egyenlete: Oppenheimer—Volkoff egyenlet. Belső Schwarzschild-megoldás. A gravitációs elméletek ellenőrzése kettős pulzárokkal, gravitációs hullámok kimutatása pulzárjelek hálózatának vizsgálatával.

19. Térbelileg homogén és izotróp univerzumok

A kozmológiai elv, a Friedmann—Lemaître—Robertson—Walker téridő értelmezése. Az Univerzum anyaga, az ideális folyadék. Friedmann-, Raychaudhuri- és folytonossági egyenletek, kapcsolatuk. Állapotegyenletek és a skálafaktor időfejlődése por, sugárzás, kozmológiai állandó esetén. A sztatikus Einstein-univerzum és a de Sitter-univerzum.

20. A standard kozmológiai modell

Az univerzum életkora. Luminozítás-távolság és kis távolságokra érvényes közelítése: a Hubble–Lemaître-törvény. A kozmológiai állandó problémája. Feszültségek a Hubble-állandó meghatározásában. Az $\Omega_{\Lambda 0}$ — Ω_{m0} diagram. Az Univerzum összetételének meghatározására irányuló megfigyelések. A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás, Sunyaev—Zeldovich és Sachs—Wolfe effektusok.

Szakirodalom:

- Carroll & Ostlie: Introduction to modern astrophysics (Addison Wesley, 1996)
- Marik Miklós (szerk): Csillagászat (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1987)
- Dálya Gergely: Bevezetés a csillagászatba (Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, 2021)
- Hansen & Kawaler: Stellar Interiors (Springer-Verlag, New York, 1994)
- Edward Brown: Stellar astrophysics (Open astrophysics bookshelf, 2015)
- T. Padmanabhan: Theoretical Astrophysics I-III. (Cambridge University Press, 2000-2002)
- Cimatti, Fraternali, Nipoti: Introduction to galaxy formation and evolution (Cambridge University Press, 2020)
- Kitchin: Astrophysical Techniques (IOP Publishing Ltd, 2009)
- G. Rieke: Measuring the Universe (Cambridge University Press, 2017)
- J. Tennyson: Astronomical spectroscopy (World Scientific, 2011)
- Érdi Bálint: Égi mechanika (Nemzeti Tankönyvkiadó, 1996)
- Barcza Sz.: Csillaglégkörök fizikája (ELTE Eötvös Kiadó, 1997)
- W.A. Cooper – E.N. Walker: Csillagok távcsővégen (Gondolat, 1994)
- Szatmáry K., Vinkó J., Gergely Á. L., Keresztes Z.: Asztrofizika (SZTE elektronikus jegyzet, 2013)
- Gergely Árpád László: Általános relativitáselmélet jegyzet
- Gergely Árpád László: Relativisztikus asztrofizika jegyzet
- Gergely Árpád László: Kozmológia jegyzet