

# Nukleáris- és részecske-asztrofizika

(vizsgatételek)

1. A korai univerzum termikus története I. (relativisztikus és nemrelativisztikus részecskék számsűrűsége, energiasűrűsége és nyomása; részecskék lecsatolódása) (Kolb-Turner: The early universe, Chapter 3,5)
2. A korai univerzum termikus története II. (entrópia, a neutrínógáz hőmérséklete; Robertson-Walker metrika; Friedmann-egyenletek, az energiasűrűség időfüggését leíró egyenlet; a kozmológiai konstans energiasűrűsége és nyomása; a vöröseltolódás definíciója; kritikus sűrűség, sűrűségparaméter; anyag-, illetve sugárzás dominálta tágulás) (KT: Chapter 3,5)
3. A korai univerzum termikus története III. (sugárzás-anyag egyensúlya; rekombináció; részecskehorizont; a vöröseltolódás, az idő, a hőmérséklet és a távolság kapcsolata; kozmikus kalendárium) (KT: Chapter 3,5)
4. Kozmológiai infláció (az infláció előtti kozmológiai problémák; klasszikus skalár tér kozmológiai mozgásegyenlete, energiasűrűsége, nyomása; lassú-gördülés közelítés, e-szereződés; GUT spontán szimmetriasértés által inspirált inflációs potenciál: az infláció tipikus idő- és energiaskálája; a kozmológiai problémák inflációs megoldása) (KT: Chapter 8)
5. Big-bang nukleoszintézis I. (a BBN precíz időskálája; a barion-foton arány hőmérsékletfüggése, és értékének becslése alapelvekből; atommagok tömegarány-eloszlása nukleáris statisztikus egyensúlyban; tipikus nukleoszintézis energiák, deutérium-szűküllet; a BBN reakcióhálózat) (KT: Chapter 4)
6. Big-bang nukleoszintézis II. ( $n/p$  tömegarány, leptonok kémiai potenciálja; a BBN reakcióhálózat;  ${}^4\text{He}$  tömegarány -  $X_4$ ;  $X_4(\eta, N_\nu, \tau_n)$  függése; nehezebb elemek szintézise,  $X(\eta)$  függése; megfigyelési adatok; BBN eredmények a barion/foton arányra és a sűrűségparaméterre) (KT: Chapter 4)
7. A csillagok működésének alapjai I. (a Nap szerkezete, és működésének alapegyenletei; a p-p lánc és a CNO-ciklus reakciói, a hidrogénégés rátája; a Nap neutrínófluxusa és neutrínóspektruma; termikus reakcióráta) (Clayton: Principles of stellar evolution and nucleosynthesis, Chapter 4,5; Rolfs-Rodney: Cauldrons in the cosmos, Chapter 3,4,6)
8. A csillagok működésének alapjai II. (atommagok energiája a Napban, az ütközési energia valószínűségi eloszlása; töltött részecskés reakciók rátája, Gamow-ablak, asztrofizikai S-faktor; reakcióráta konstans S-faktor esetén; a reakcióráta hatványfüggvény parametrizációja, a p-p lánc és a CNO-ciklus energiatermelésének hőmérsékletfüggése; segítség:  $E_0 \sim T^{2/3}$ ,  $\Delta \sim T^{5/6}$ ,  $I_{\max} = \exp(-3E_0/kT)$ ) (RR: Chapter 3,4,6; C: Chapter 4,5)
9. Nagy tömegű csillag hidrosztatikus égési fázisai, szupernóvák (hélium-, szén-, neon-, oxigén- és szilícium-égés; a preszupernóva szerkezete; a vas mag összeomlásának folyamata, az elektron/nukleon arány alakulása; a visszalökődés és a késleltetett robbanási mechanizmus; a neutrínófluxus becslése; a proto-neutroncsillag kialakulásának mechanizmusa) (RR: Chapter 7,8; C: Chapter 5)
10. A vason túli elemek szintézise, egyéb nukleoszintézis folyamatok (kémiai elemgyakoriság; neutronbefogás hatáskeresztmetszete; neutronbefogási- és béta-bomlási élettidők, neutron-sűrűség; s-folyamat; r-folyamat; s- és r-csúcsok az elemgyakoriságban; a Li, Be, B szintézise, neutrínó-nukleoszintézis) (RR: Chapter 9,10; C: Chapter 7)