

Kosmologia – Zagadnienia na Egzamin

Prof. dr hab. Szymon Kozłowski

2025/2026

Egzamin: Każda osoba losuje siedem liczb (zadań) od 1 do 40, odpowiadające poniższym zagadnieniom egzaminacyjnym. Student rozwiązuje sześć zadań, jedno pozostawia niezrobione. Za każde zadanie można otrzymać do 10 punktów, łącznie za cały egzamin do 60 punktów. Skala ocen: 55-60 – celujący (5!, 5,5), 50-54 punktów – bardzo dobry (5,0), 45-49 – dobry+ (4,5), 40-44 – dobry (4,0), 35-39 – dostateczny+ (3,5), 30-34 – dostateczny (3,0), 29 punktów i mniej niedostateczny (2,0). Zasady oceniania: Za każdy przedstawiony wzór (dotyczący zagadnienia) z wyjaśnionymi symbolami i objaśnieniem czego dotyczy do 10 pkt. Wyprowadzenie wzoru z wyjaśnieniami wszystkich kroków i zmiennych do 10 pkt. Za każdy wykres z opisanymi osiami i wyjaśnieniem do 10 pkt. Za każde istotne i prawdziwe zdanie wyjaśniające zagadnienie 1 pkt, za nieistotne 0 pkt, za niepoprawne –1 pkt.

1. Zasada Kopernikańska, jednorodność i izotropowość Wszechświata
2. Historia odkrycia rozszerzania się Wszechświata (Leavitt, Hubble)
3. Współrzędne fizyczne, współrzędne współporuszające się, czynnik skali
4. Prawo Hubble’a, parametr Hubble’a, stała Hubble’a
5. Newton-owskie wyprowadzenie równanie Friedmanna
6. Parametry kosmologiczne (Ω_R , Ω_M , Ω_K , Ω_Λ) – wyprowadzenie z r. Friedmanna
7. Równanie cieczy
8. Równanie stanu i rozwiązania równania cieczy dla promieniowania, materii i ciemnej energii
9. Równanie przyspieszenia
10. Rozwiązania równania Friedmana dla $\Lambda = 0$ i $k = 0$
11. Geometrie Wszechświata – płaska, sferyczna i hiperboliczna. Gdzie miał miejsce Wielki Wybuch?
12. Rozszerzanie się Wszechświata i redshift
13. Metryka FLRW
14. Luminosity & angular diameter distance
15. Diagram Hubble’a + SNe + odkrycie ciemnej energii, BAO
16. Ewolucja czynnika skali i gęstości w czasie w różnych erach
17. Historia ewolucji Wszechświata: od $t = 0$ s do inflacji (włącznie)
18. Inflacja jako rozwiązanie problemu płaskości i problemu horyzontu
19. Historia ewolucji Wszechświata: po inflacji do CMB
20. Bariogeneza, anihilacja i kreacja cząstek, nukleosynteza pierwotna

21. Historia ewolucji Wszechświata: rekombinacja i CMB
22. CMB: Antena Horn, COBE, WMAP, Planck
23. Historia ewolucji Wszechświata: widmo mocy CMB, mody E i B
24. Efekt Comptona, odwrotny efekt Comptona, efekt Thomsona
25. Baryonic Acoustic Oscillations (BAO)
26. Efekty Sachs-Wolfa
27. Efekty Sunajewa-Zeldowicza
28. Materia międzygalaktyczna (IGM)
29. Ly α forest i efekt Gunna-Petersona
30. Historia ewolucji Wszechświata: powtórna jonizacja, przyczyny, dowody obserwacyjne
31. Historia ewolucji Wszechświata: struktury wielkoskalowe
32. Funkcja świecenia
33. Symulacje wielkoskalowej struktury Wszechświata (Millenium, Illustris)
34. Problem brakujących satelitów
35. Soczewkowanie grawitacyjne, silne, słabe i mikro
36. Obserwacyjne dowody na ciemną materię
37. Omówić Gromadę Pocisk – Bullet Cluster
38. Podać wartości parameterów kosmologicznych, jak zostały one zmierzone?
39. Podać wartość stałej Hubble’a, jak została ona zmierzona?
40. Omówić zagadnienie “Hubble tension”