

# Tartalomjegyzék

Bevezetés	8
1. A forró Univerzum	10
1.1. A kozmológiai elv	11
1.2. Hidrodinamikai közelítés	16
1.2.1. Kontinuitás és az Euler-egyenletek	16
1.2.2. Lehetséges javítások	18
1.2.3. A nem-statikus megoldás	21
1.3. Általános relativitáselmélet	23
1.3.1. A metrika	23
1.3.2. A geodetikus egyenlet	25
1.3.3. Az Einstein-egyenlet	26
1.3.4. A görbült téridő	29
1.4. A Friedman-egyenlet lehetséges megoldásai	30
1.5. A sugárzás és az anyag dominálta kozmológiai korszakok	35
1.6. A kozmológiai állandó	38
1.7. Az Univerzum fejlődése a kozmológiai paraméterek függvényében	40
1.8. Az elmélet helyességét alátámasztó megfigyelések	48
1.9. Problémák és az infláció	53
1.10. Az Univerzum termális története	57
2. A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás	66
2.1. A KMHS korai észlelései	67
2.2. A KMHS fluktuációinak spektruma	71
3. Az SNe Ia megfigyelési program	80

6 *Tartalomjegyzék*

4.	Az Univerzum nagyléptékű szerkezete	93
4.1.	A tömeg közvetlen kozmológiai mérése	94
4.2.	A nagyléptékű anyageloszlás az Univerzumban	97
4.3.	Az adatok elemzése	101
5.	A perturbált Univerzum	108
5.1.	A skalár perturbációk	108
5.2.	A skalár perturbációk egyenleteinek mértékfüggetlensége	114
5.3.	A tenzor-perturbációk	117
6.	Anyageloszlás a perturbált Univerzumban	120
6.1.	Az eloszlásfüggvény teljes időderiváltja gravitációs térben	121
6.2.	A fotoneloszlás Boltzmann-egyenlete	123
6.3.	Két fontos alkalmazás: a sötét anyag szétsugárzása és az atomi rekombináció	127
6.3.1.	A sötét anyag kozmológiai koncentrációja	128
6.3.2.	Az atomi rekombináció kinetikája	130
6.4.	A nem-relativisztikus anyag Boltzmann-egyenlete	133
7.	A korai kozmikus fluktuációk	138
7.1.	A korai időszak: $\eta \ll \lambda$	139
7.2.	Az inflaton tér fluktuációi	141
7.3.	A kezdeti feltételek és az inflaton fluktuációi	146
8.	A sötét anyag fejlődése	149
8.1.	A hosszúhullámú ingadozások fejlődése	152
8.2.	A rövidhullámú gravitációs tér fejlődése	155
8.3.	A növekedési függvény	161
9.	A kozmikus fotonhátter anizotrópiája	164
9.1.	A barionikus anyag és a sugárzás szoros csatolású fejlődése	165
9.2.	A hosszúhullámú fluktuációk terjedése a lecsatolódás után	170
9.3.	Kapcsolat a kozmikus háttérsugárzás ingadozásainak égbolttérképével	174
9.4.	A háttérsugárzás polarizációjának anizotrópiája	179
9.5.	Az ingadozások egyenleteinek numerikus megoldásáról	184
9.6.	A galaxisok statisztikája és a sűrűségfluktuációk spektruma	192
10.	Az infláció térelmélete	197
10.1.	Skalártér a táguló Univerzumban	197
10.2.	Jellegzetes inflációs modellek	201
10.3.	Az inflaton kvantumingadozásai	208
10.4.	Az Univerzum felforrósodása	215

11. A sötét anyag	224
11.1. Több anyagot!	224
11.2. Sötétanyag-jelöltek	226
11.3. A szuperszimmetrikus sötét anyag	229
11.3.1. A szuperszimmetria elemei	231
11.3.2. Szuperszimmetrikus térelméletek	236
11.3.3. Sötét anyag a Standard Modell minimális szuperszimmetrikus kiterjesztésében	240
12. A sötét energia	246
12.1. Elméletörténeti vázlat	246
12.2. Változik-e időben a kozmológiai állandó?	249
12.3. A sötét energia térelméleti modelljei	251