
Inflation, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Strukturbildung

Take home points

Phänomen	Erklärungsansatz
Homogenität, Isotropie	Inflation
Flache Geometrie	Inflation (anfangs), Dunkle Materie und Energie (für $\Omega_{\text{total}}=1$)
Beschleunigte Expansion	Dunkle Energie
Deutliche Strukturen	Gravitation vs. Expansion, weitere Effekte für baryonische Materie

Inflation

- (hypothetische) exponentielle, (beschleunigte) Ausdehnung des Universums um Faktor $>10^{26}$ im Zeitraum von 10^{-36} - 10^{-32} s nach dem Urknall
- postuliert als Lösung von Horizont- und Flachheitsproblem, Ursprung spekulativ
- Horizontproblem: Wir beobachten (z. B. im CMB) Homogenität von Regionen, die in nicht-inflationären Modellen nie in kausalem Kontakt gestanden hätten, derartige Gleichförmigkeit (auf 1/10.000 genau) ohne thermischen Ausgleich scheint unwahrscheinlich. Inflation vergrößert kausal zusammenhängende Bereiche auf die Größe des beobachtbaren Universums.
- Problem flacher Geometrie: Minimale Abweichungen von flacher Geometrie am Anfang des Universums würden ohne Inflation auf starke Krümmung heute führen, also braucht ein Modell ohne Inflation extremes fine-tuning der Anfangsbedingungen.

Dunkle Materie

- (hypothetische) nicht elektromagnetisch wechselwirkende Materie, die ca. 86% der Materiedichte des Universums ausmacht
- postuliert wegen Beobachtungen gravitativer Effekte ohne sichtbaren Auslöser: Galaxien-Rotationskurven, Galaxienhaufen-Dynamik, Gravitationslinseneffekte
- baryonische Herkunft größtenteils ausgeschlossen, vermutete neue Teilchen (WIMPS, supersymmetrische Teilchen)
- kalte (langsam bewegte) DM wichtig in Simulationen kosmologischer Strukturbildung

Dunkle Energie

- (hypothetische) kosmische Energiedichte-Komponente, die eine beschleunigte Expansion des Universums verursacht (gefunden durch SNIa)
- Trägt mit ca. 70% zu $\Omega_{\text{total}} \approx 1$ bei (für flache Geometrie)
- Meist als kosmologische Konstante angenommen, oft mit Vakuumenergie identifiziert

Strukturbildung

- Initiale Dichtefluktuationen vergrößern sich unter dem Einfluss vieler Effekte:
- fördernd: gravitative Anziehung, für baryonische Materie Energiedissipation durch Reibung und Strahlung
- hemmend: Hubble-Expansion, für baryonische Materie auch Druck (kein Kollaps unterhalb der Jeans-Masse), stellares, SN-, und AGN-Feedback (Aufheizen der Umgebung)

Quellen und weitere Literatur

allgemeiner Überblick:

Ryden, B.: Introduction to Cosmology, Pearson (2003)

Silk, J.: Challenges in Cosmology from the Big Bang to Dark Energy, Dark Matter and Galaxy Formation, <https://arxiv.org/abs/1611.09846> (2016), abgerufen am 5.5.17

Bartelmann, M.: Cosmology, Vorlesungsskript Universität Heidelberg (ohne Jahr)

Weinberg, S.: Cosmology, Oxford University Press (2008)

Tsujikawa, S.: Introductory Review of Cosmic Inflation, Vorlesungsskript, Universität Tokyo (2003)

Illustris-Collaboration: <http://www.illustris-project.org/about/#astronomers>, abgerufen am 5.5.17

spezifischere Fachartikel:

Guth, A. H.: Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems, Phys. Rev. D, 23, (1981), Originalquelle für Idee einer Inflation, die Horizont-Geometrie- und Monopolproblem lösen würde, seitdem weiterentwickelt

Riess, A. G.: Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant, Astronomical Journal, 116 (1998), Paper, in dem Riess die beschleunigte Expansion aus SN-Daten beschreibt

Vogelsberger, M. et al: Properties of galaxies reproduced by a hydrodynamic simulation, Nature vol. 509 (2014)

Vogelsberger, M. et al: Introducing the Illustris Project: Simulating the coevolution of dark and visible matter in the Universe, Mon. Not. R. Astron. Soc. (September 2014)