

Einführung in die Theoretische Astrophysik

Sommersemester 2017

Hans-Thomas Janka, Ewald Müller, Max-Planck-Institut für Astrophysik

1) Existenz astrophysikalischer Strukturen

allgemeine Überlegungen, Dimensionsabschätzungen durch grundlegende physikalische Prinzipien;
Bindungsenergie von Objekten durch verschiedene Kräfte auf unterschiedlichen Skalen

Größenordnungen von Sternen, kompakten stellaren Überresten,
Schwarzen Löchern, Galaxien, Galaxienhaufen

Quellen: <http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/lectures/WDNSBH/> (Kapitel 1)
T. Padmanabhan: Theoretical Astrophysics, Vol. I, Cambridge Univ. Press (Kapitel 1)

2) Gravitation, Himmelsmechanik, gravitativ gebundene Systeme

Newtonsches Bewegungsgesetz, Bewegungsgleichungen für Systeme von Massenpunkten, Virialsatz, Newtonsche Gravitation, Keplersche Gesetze

Anwendungen: Bahnen von Testmassen, Fluchtgeschwindigkeit,
Abschätzung von Massen von Galaxien und Galaxienhaufen,
Existenz Dunkler Materie,
Massenfunktion, extrasolare Planeten (Entdeckungsmethoden im Überblick),
Gezeiteneffekte und "Zerreißradius"), Doppelsterne (Beispiel: Doppelpulsare)

Quellen: Unsöld & Baschek: Der neue Kosmos, Springer
Padmanabhan: Theoretical Astrophysics, Vol. I (Kapitel 2; nur Basistheorie)
Shapiro & Teukolsky: Black Holes, White Dwarfs, & Neutron Stars,
John Wiley & Sons

3) Hydrostatik und Sternaufbau

Einzelsterne:

Sternstrukturgleichungen I: Massenerhaltung, Hydrostatik

Anwendung: Polytrope Gleichgewichte, Lane-Emden-Lösungen,
Weiße Zwerge, Masse-Radius-Relation (auch mittels Dimensionsüberlegungen
verifiziert), Chandrasekharsche Massengrenze

Sternstrukturgleichungen II: Energiesatz, Energietransport (Konvektion, Strahlung),
Virialtheorem für Sterne

Anwendung: Grundzüge der Entwicklung nichtentarteter Sterne, Grenzfall der Entartung,
Masse-Leuchtkraft-Relation, nukleare Zeitskala (abermals: Dimensionsbetrachtungen)

Kurzer Ausflug zu Effekten der Relativistischen Gravitation:

TOV-Gleichung, Neutronensternstruktur,
Unterschied zwischen gravitativer und baryonischer Masse

Enge Doppelsterne und Akkretion:

Rochegeometrie, Rochefläche, Lagrange-Punkte,
Massentransfer in Röntgendoppelsternen mittels Scheiben und Winde

Akkretionsleuchtkraft, Stefan-Boltzmann-Gesetz,
Temperaturabschätzung von Röntgenquellen,
Eddington-Grenzleuchtkraft (Herleitung und Gültigkeitsbedingungen).
Bestimmung von Sternradien

Quellen: http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/lectures/TASTRO_SS08/
<http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/lectures/WDNSBH/> (Kapitel 2)
Shapiro & Teukolsky: Black Holes, White Dwarfs, & Neutron Stars

4) Hydrodynamik (falls Zeit vorhanden)

Hydrodynamische Gleichungen
Einfache Anwendungen: Stoßfronten, Kontaktdiskontinuitäten, Sedovexplosionen

Quellen: M. Bartelmann, Theoretical Astrophysics, Wiley-VCH (2013)
<http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/lectures/HYDRO/>

5) Strahlungstransport (Photonen und Neutrinos)

Bedeutung in Astronomie/Astrophysik als Energietransport-
mechanismus und für Diagnostik (Beobachtung, theoretische Modelle)
Prozesse zur Strahlungserzeugung (Kontinuum, Linien)
Definition von Opazität, optische Tiefe
Prozesse der Wechselwirkung von Strahlung mit Medien
Erzeugungsprozesse von Neutrinos
Beispiele: Sterne, stellarer Kollaps, frühes Universum
(kosmischer Neutrinohintergrund, Supernovaneutrinohintergrund)
Neutrinowechselwirkungen in dichten Medien, Neutrinodetektion

Strahlungstransportgleichung (Boltzmann-Gleichung),
Strahlungsintensität, Momente der Intensität,
Momentengleichungen der Boltzmann-Gleichung,
einfache analytische Lösung der Transportgleichung (Grenzfälle optisch dick/dünn),
Diffusionsapproximation,
Rosselandmittelung für Opazität

Quellen: Unsöld & Baschek: Der neue Kosmos;
Shapiro & Teukolsky: Black Holes, White Dwarfs, & Neutron Stars
Rybicki & Lightman: Radiative Processes in Astrophysics, Wiley-VCH
M. Bartelmann, Theoretical Astrophysics, Wiley-VCH (2013)

6) Astrophysikalische Plasmen (zusammenfassende Übersicht)

Boltzmann-Gas, Gemisch aus Boltzmann-Gasen, Photonengas,
entartetes nichtrelativistisches und relativistisches Fermionengas,
unbekannte Zustände bei supernuklearen Dichten

Anwendung: Sternstruktur, Weiße Zwerge, Entstehung und Aufbau von Neutronensternen

Quelle: http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/lectures/TASTRO_SS08/ (Kapitel 1)