

Weltbild der modernen Physik: Relativistische Astrophysik und Kosmologie (SS 2010)

Liste von (rein theoretisch möglichen) Prüfungsfragen

Die Zuordnung der Fragen zu den einzelnen Kapiteln dient nur der Auflistung. Sie soll Ihnen beim Lernen helfen, nicht aber davon abhalten, Querverbindungen zwischen verschiedenen Kapiteln anzusprechen. Bei der Prüfung darf das Skriptum verwendet werden. Formeln müssen nicht auswendig gelernt werden, aber Sie sollten die wichtigsten Beziehungen kommentieren können, wenn Sie sie vor sich sehen.

1 Ein bisschen Spezielle Relativitätstheorie

- Was ist der Massendefekt?
- Was wäre wohl anders, wenn es keine Fermionen gäbe?

2 Ein bisschen Thermodynamik, Quantentheorie und Kernphysik (Verhalten von Materie unter extremen Bedingungen)

- Was bedeutet „entartete Materie“? Wie wird sie beschrieben?
- Was ist der Fermidruck (Entartungsdruck)? Wie könnte man ihn im Physikunterricht erklären? Welche Rolle spielt er in der Astrophysik?
- Was hat der entartete Zustand der Materie mit der Heisenbergschen Unschärferelation zu tun?
- Skizzieren Sie (anhand des Skriptums) die Theorie der entarteten Materie! Kommentieren Sie die auftretenden physikalischen Größen und Formeln!
- Was ist „nichtrelativistisch“ oder „relativistisch“ beim Phänomen der Entartung?
- Wie verhält sich Materie, wenn Dichte und Temperatur sehr groß sind?
- Welche Kernprozesse spielen eine Rolle, wenn Materie hohen Dichten und Temperaturen ausgesetzt ist?
- Was ist Neutronenmaterie?

3 Ein bisschen Allgemeine Relativitätstheorie

- Welches Bild zeichnet die Allgemeine Relativitätstheorie von der physikalischen Welt?
- Nennen Sie einige Effekte, die die Allgemeine Relativitätstheorie voraussagt!
- Was bedeutet der Begriff „Metrik“ in der Allgemeinen Relativitätstheorie? Was kann man damit tun?
- Was ist der Schwarzschildradius?
- Was ist die „Rotverschiebung im Gravitationsfeld“?

4 Die hydrostatische Gleichgewichtsbedingung

- Was besagt die hydrostatische Gleichgewichtsbedingung? Wie kommt sie physikalisch zustande?

5 Stabilität und Instabilität

- Wann ist eine „Gaskugel“ stabil, wann ist sie instabil? Was kann im Fall der Instabilität passieren?

6 Sternentstehung

- Wie entsteht ein Stern (typischerweise)?
- Was ist das Jeans-Kriterium und wozu dient es? Was ist die Jeans-Masse, was der Jeans-Radius?

7 Hauptreihensterne („normale Sterne“)

- Wie funktionieren „normale“ Sterne (Hauptreihensterne)? Woraus beziehen sie die Energie für ihre Leuchtkraft, wie kann ihre Stabilität physikalisch erklärt werden?
- Wie entwickelt sich ein Hauptreihenstern (typischerweise)? Durch welche Größe wird seine Entwicklung vor allem festgelegt?
- Spielen allgemein-relativistische Effekte für Hauptreihensternen eine Rolle?
- Was ist die Leuchtkraft eines Sterns und wie hängt sie mit der effektiven Temperatur zusammen?
- Was besagt die Masse-Leuchtkraft-Beziehung für Hauptreihensterne?
- Was ist das Hertzsprung-Russell-Diagramm? Wozu dient es?
- Wie hängt die Lebensdauer eines Sterns mit seiner Masse zusammen?
- Woraus bezieht die Sonne ihre Energie?
- Was ist Wasserstoffbrennen?
- Welche Elemente werden in Hauptreihensternen erzeugt?

8 Überblick über die Endstadien der Sternentwicklung

- Was leitet das Endstadium der Sternentwicklung ein?
- Welche Kernfusionsprozesse kommen (bei steigender Dichte und Temperatur) nach dem Wasserstoffbrennen?
- Was kann mit einem Stern am Ende seines Lebens passieren? Wovon hängt es ab, was passiert?
- Was ist ein Roter Riese?
- Wie wird sich die Sonne voraussichtlich weiterentwickeln?
- Was geschieht typischerweise mit einem Stern mit Masse zwischen 0.3 und 2.3 Sonnenmassen?
- Was geschieht typischerweise mit einem Stern mit Masse zwischen 2.3 und 8 Sonnenmassen?
- Was geschieht typischerweise mit einem Stern mit Masse > 8 Sonnenmassen?
- Wann entsteht am Ende eines Sternenlebens typischerweise ein Weißer Zwerg?
- Wann entsteht am Ende eines Sternenlebens typischerweise ein Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch?
- Was ist eine Supernova vom Typ I? Wann tritt sie (typischerweise) ein?
- Was ist eine Supernova vom Typ II? Wann tritt sie (typischerweise) ein?
- Wo kommen die schweren Elemente, die es im Universum gibt, her?

9 Weiße Zwerge

- Was ist ein Weißer Zwerg?
- In welchem Zustand ist die Materie in einem (stabilen) Weißen Zwerg?
- Wie werden die Eigenschaften von Weißen Zwergen physikalisch beschrieben?

- Skizzieren Sie (anhand des Skriptums) die Theorie der Weißen Zwerge! Kommentieren Sie die auftretenden physikalischen Größen, Formeln und Diagramme!
- Kommentieren Sie die Abbildung 1 auf Seite 25 des Skriptums!
- Welche Massen haben Weiße Zwerge?
- Ist ein schwererer Weißer Zwerg größer oder kleiner als ein leichter?
- Wie verhalten sich große kalte Körper? Was ist der physikalische Unterschied zwischen „Planeten“ und Weißen Zwergen? Wo liegt die Grenze?
- Ist es bei der physikalischen Beschreibung von Weißen Zwergen wichtig, zwischen dem nichtrelativistischen und dem relativistischen Fall zu unterscheiden? Wenn ja, warum?
- Was ist die Chandrasekhar-Masse? Wie groß ist sie? Durch welche Naturkonstanten lässt sie sich ausdrücken?
- Wie groß sind Weiße Zwerge (typischerweise)?
- Spielen allgemein-relativistische Effekte für Weiße Zwerge eine Rolle?
- Wie würden Sie SchülerInnen illustrieren, wie dicht Weiße Zwerge sind?
- Wie würden Sie SchülerInnen illustrieren, wie stark das Gravitationsfeld an der Oberfläche eines Weißen Zwergs ist?
- Wie wird die Sonne enden?

10 Neutronensterne

- Was ist ein Neutronenstern?
- In welchem Zustand ist die Materie in einem (stabilen) Neutronenstern?
- Wie werden die Eigenschaften von Neutronensternen physikalisch beschrieben?
- Skizzieren Sie (anhand des Skriptums) die Theorie der Neutronensterne! Kommentieren Sie die auftretenden physikalischen Größen, Formeln und Diagramme!
- Kommentieren Sie die Abbildung 2 auf Seite 32 des Skriptums!
- Welche Massen haben Neutronensterne?
- Ist ein schwererer Neutronenstern größer oder kleiner als ein leichter?
- Wie groß sind Neutronensterne (typischerweise)?
- Spielen allgemein-relativistische Effekte für Neutronensterne eine Rolle?
- Wie würden Sie SchülerInnen illustrieren, wie dicht Neutronensterne sind?
- Wie würden Sie SchülerInnen illustrieren, wie stark das Gravitationsfeld an der Oberfläche eines Neutronensterns ist?
- Was ist ein Pulsar?
- Was ist der Hulse-Taylor-Doppelpulsar? Welche Bedeutung für die Allgemeine Relativitätstheorie hat er?
- Liefert die Astrophysik Hinweise auf die Existenz von Gravitationswellen? Wenn ja, welche?

11 Supernovae

- Woher kommt die Energie einer Supernova?
- Spielt der Begriff des Massendefekts in der Astrophysik eine wichtige Rolle? Wenn ja, welche?
- Welche Bedeutung hat der Begriff des Massendefekts beim Verständnis von Supernovae?

12 Schwarze Löcher

- Welche Rolle spielt der Begriff „Gravitationskollaps“ in der Astrophysik?
- Was ist ein Schwarzes Loch?

- Wie würden Sie SchülerInnen im Physikunterricht erklären, was ein Schwarzes Loch ist?
- Was ist die „Schwarzschildmetrik“? Was kann man mit ihr tun?
- Kommentieren Sie die Formel für den Schwarzschildradius. Was besagt sie *genau*? Was bedeutet der Begriff „Schwarzschildkoordinate“ in diesem Zusammenhang?
- Nennen Sie einige Effekte im Zusammenhang mit Schwarzen Löchern!
- Kommentieren Sie den Begriff der „Krümmung“ im Zusammenhang mit Schwarzen Löchern. Welche vertrauten geometrischen Gesetzmäßigkeiten gelten in der Nähe von Schwarzen Löchern nicht?
- Was ist im Zusammenhang mit Schwarzen Löchern mit dem Begriff „Kausalstruktur“ gemeint? Warum kann aus einem Schwarzen Loch nichts mehr herauskommen (falls die Hawking-Strahlung außer Acht gelassen wird)?
- Was ist die (hypothetische) Hawking-Strahlung? Was bewirkt sie?
- Welche Typen Schwarze Löcher gibt es bzw. könnte es geben?
- Was sagt Ihnen die Bezeichnung „Sagittarius A* (Sgr A*)“? [Ein aufregendes Thema für den Physikunterricht!]
- Wozu dienen konforme Diagramme? Was ist das Kruskal-Diagramm? Was können wir aus ihm ablesen?

13 Kosmologie: Das Universum als Ganzes

- Fassen Sie kurz zusammen, wie die moderne Kosmologie das Universum sieht!

14 Geometrische Eigenschaften von Weltmodellen

- Was ist der methodische Ausgangspunkt der Kosmologie?
- Was ist das „kosmologische Prinzip“?
- Was bedeutet der Begriff „Skalenfaktor“? Wie ist er definiert?
- Was versteht die Kosmologie unter dem Begriff „Urknall“? Was antworten Sie auf die Frage von SchülerInnen, wo der Urknall stattfand?
- Wie kann die Expansion des Universum in Worten grundsätzlich beschrieben werden?
- Wie kann die Expansion des Universum mit Hilfe des Begriffs „Skalenfaktor“ grundsätzlich beschrieben werden?
- Was ist das Hubble-Gesetz?
- Was ist die Hubble-Konstante? Welchen Wert hat sie (ungefähr)? Wie hängt sie mit dem Skalenfaktor zusammen?
- Wie kann es geschehen, dass sich Galaxien „mit Überlichtgeschwindigkeit von uns wegbewegen“?
- Kommentieren Sie die Abbildung 3 auf Seite 51 des Skriptums!
- Wie bewegt sich Licht in einem expandierenden Universum?
- Kommentieren Sie die Abbildung 4 auf Seite 52 des Skriptums!
- Was ist im Zusammenhang mit dem expandierenden Universum mit dem Begriff „Kausalstruktur“ gemeint?
- Kommentieren Sie den Begriff „sichtbares Universum“!
- Wie sieht ein konformes Diagramm des expandierenden Universums aus?
- Wie ist der Begriff der Rotverschiebung im Zusammenhang mit der Kosmologie definiert?
- Wie ist der Zusammenhang der Rotverschiebung mit dem Skalenfaktor?
- Was ist das „lokale Hubble-Gesetz“?

15 Dynamik des Universums – die Grundgleichungen

- Anhand des Skriptums: Welches sind die Grundgleichungen für die Entwicklung des Universums? Geben Sie eine Idee, wie sie gewonnen werden!
- Aus welche (Haupt-)Komponenten besteht das Universum? Welche Zustandsgleichungen haben sie (anhand des Skriptums).
- Was bedeutet der Begriff „Materie“ in der Kosmologie?
- Was bedeutet der Begriff „Strahlung“ in der Kosmologie?
- Kommentieren Sie den Begriff „Energiedichte des Vakuums“.
- Was bedeutet der Begriff „Dunkle Energie“?
- Was ist die „kosmologische Konstante“?
- Was ist die „kritische Dichte“ des Universums?
- Was bedeuten die mit „Omega“ bezeichneten Größen in der Kosmologie (die Ihnen in vielen Artikeln begegnen)?
- Was sind die (wichtigsten) „kosmologischen Parameter“?
- Woraus besteht das Universum und zu welchen Anteilen (ungefähr)?

16 Bestimmung der Parameter und die Expansionsgeschichte des Universums

- Wie hilft uns die Gleichung (15.18) auf Seite 60 des Skriptums, die Expansionsgeschichte des Universums zu verstehen?
- Was ist das „strahlungsdominierte Universum“? Wie lange dauerte es? Wie verhielt sich der Skalenfaktor als Funktion der Zeit? Was kam danach?
- Was war die „Rekombination“? Wann fand sie statt? Welchen Wert hatte der Skalenfaktor damals (ungefähr)? Wieso ist dieser Vorgang für die Kosmologie von großer Wichtigkeit?
- Was ist die kosmische Hintergrundstrahlung? Woher kommt sie?
- Welche Temperatur/Wellenlänge hat die kosmische Hintergrundstrahlung? Gibt es elektromagnetische Strahlung dieser Temperatur/Wellenlänge auch in unserem Alltag?
- Wie änderte sich die Temperatur der kosmischen Hintergrundstrahlung im Laufe der Expansion des Universums?
- Welche Rolle spielten die Neutrinos in den ersten Sekunden des Universums?
- Welche Wirkung hat der „Term mit der kosmologische Konstante“ in Gleichung (15.18) auf Seite 60 des Skriptums auf die Expansion des Universums?
- Was ist die Rotverschiebungs-Entfernungs-Relation?
- Wie kann die ausgezogene rote Kurve in Abbildung 5 auf Seite 68 des Skriptums punktweise aus den Abbildungen 3 (Seite 51) und 4 (Seite 52) gewonnen werden?
- Aus welchen Beobachtungsdaten können wir darauf schließen, dass das Universum heute beschleunigt expandiert?
- Kommentieren Sie die Abbildung 5 auf Seite 68 des Skriptums!
- War die Expansion des Universums immer beschleunigt? Wenn nicht, wann ungefähr hat sie begonnen?
- Wie sieht die Zukunft des Universums aus, wenn das durch Gleichung (15.18) auf Seite 60 des Skriptums definierte Modell für alle zukünftigen Zeiten gültig ist?
- Beschreiben Sie in kurzen Worten das „Standardmodell der Kosmologie“ (Lambda-CDM-Modell).
- Wie alt ist das Universum (ungefähr)?

17 Vom frühen bis zum heutigen Universum

- Was fangen Sie mit dem Stichwort „primordiale Nukleosynthese“ an? Wann fand sie statt und was erklärt sie?

- Wie erklärt die Kosmologie die Häufigkeitsverteilung der Elemente im Universum? Welches sind die zwei häufigsten Elemente, und wie häufig kommen sie vor?
- Was ist die „baryonische Materie“?
- Was ist die „dunkle Materie“? Wieviel gibt es davon? Welche Eigenschaften muss sie haben, um die Struktur des heutigen Universums zu erklären? Wie spielt sie mit der baryonischen Materie zusammen?
- Was heißt „cold dark matter“ (CDM)? Wieso nehmen wir an, dass die dunkle Materie (zumindest ihr Hauptanteil) „kalt“ ist?
- Woraus könnte die dunkle Materie bestehen?
- Was ist die Baryonenasymmetrie?
- Die kosmische Hintergrundstrahlung ist weitgehend isotrop – dennoch weist sie kleine Fluktuationen auf. Wie klein?
- Wie kommt die (kleine) Anisotropie der kosmischen Hintergrundstrahlung physikalisch zustande? Was „zeigen“ uns die von COBE und WMAP gelieferten Bilder?
- Zu den wichtigsten Beobachtungsmissionen zählen COBE, WMAP (bisher) und Planck (in Zukunft). Sagen Sie ein paar Worte dazu!
- Was ist das „Winkel-Leistungsspektrum“ der Anisotropie der kosmischen Hintergrundstrahlung und worüber gibt es Ausschluss?
- Was ist der Lyman-alpha-Wald?

18 Die sehr frühe Phase – Probleme des Standardmodells und das inflationäre Universum

- Welche Probleme
- Was ist das Horizontenproblem?
- Was ist das Flachheitsproblem?
- Skizzieren Sie die Grundidee des inflationären Universums. Welche Probleme löst es?
- Wie sieht das konforme Diagramm des inflationären Universums (im Vergleich zum konformen Diagramm des Standardmodells) aus? Wie zeigt sich darin die Lösung des Horizontenproblems?

Verschiedenes

- Was ist „relativistisch“ in der „relativistischen Astrophysik“?
- Wie würden Sie argumentieren, um die Astrophysik als großen Triumph der modernen Naturwissenschaft zu herauszustreichen?
- Wie sind Ihre persönlichen Eindrücke und Gedanken zum Stoff und zur Vorlesung: Was hat Ihnen besonders gut gefallen, was hat sie beeindruckt? Worüber möchten Sie mehr wissen? Was hat Ihnen nicht gefallen? Welche Fragen sind offen geblieben, was haben Sie nicht verstanden? Wie nützlich schätzen Sie die Lehrveranstaltung für Ihren zukünftigen Lehrberuf ein? Was sollte der Vortragende beim nächsten Mal anders machen? Hätten Sie eine Übung zur Vorlesung (trotz des zusätzlichen Zeitaufwands) geschätzt?