

Versuchsanleitung

Remoteversuch SALSA Radioteleskop

Version: 19.05.2020

Sie charakterisieren ein ferngesteuertes Radioteleskop und kartieren unsere heimische Galaxie, die Milchstraße. Dazu messen Sie die Dopplerverschiebung der Radioemission des neutralen Wasserstoffs HI bei einer Ruhefrequenz von 1420 MHz und leiten daraus die Relativgeschwindigkeit und den Abstand der Wasserstoffwolken ab, die sich in den Spiralarmen konzentrieren. Aus der radialen Geschwindigkeitsverteilung lassen sich Rückschlüsse auf die Massenverteilung in der Galaxie ziehen. Dabei zeigt sich, dass die beobachtbare Materie nicht ausreicht, um eine entsprechende Geschwindigkeitsverteilung hervorzurufen. Eine mögliche Erklärung ist die Verteilung nicht sichtbarer, also dunkler Materie, in der Milchstraße.

Themen zur Vorbereitung

Woher kommt die Wasserstoff-Linie HI? Atomarer Wasserstoff, nicht ionisiert, $T(\text{Gaswolken})=100\text{ K}$, Hyperfeinstruktur-Übergang $F=1 \rightarrow 0$, Wechselwirkung Kernspin – Elektronenspin, Frequenz, Wellenlänge, Lebensdauer, Dichte des Wasserstoffgases

Unsere Milchstraße: Struktur und Dynamik, differentielle Rotation, Bewegung der Sonne, R_0 , V_0 , Local Standard of Rest (LSR)

Sonne als Radioquelle bei 1.4 GHz

Koordinatensysteme

- Horizontalsystem relativ zur Erdoberfläche
- Äquatorialsystem zur Orientierung an der Himmelskugel
- Galaktisches Koordinatensystem zur Orientierung entlang/relativ zu der Milchstraße

Parsec, Lichtjahr

Bedienung des Radioteleskops (RESET, STOW, Koordinateneingabe für Sonne, äquat. und galakt. Koordinaten, OFFSET-Koordinaten, Belichtungszeit)

Beobachtbarkeit von Objekten, Auf- und Untergang, Transit; hier hilft das Programm 'Stellarium'

Literatur

Peter Schneider: *Einführung in die extragalaktische Astronomie und Kosmologie*, Springer Verlag, 2006. (<https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-30589-0>)

Hannu Karttunen, Pekka Kröger, Heikki Oja, Markku Poutanen, Karl Johan Donner: *Fundamental Astronomy*, Springer Verlag, 2017. (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-53045-0>)

Versuchsdurchführung und Aufgaben

Online-Besprechungen

Für die Besprechungen mit Ihrer Tutorin bzw. Ihrem Tutor ist jeweils ein Video-/Audio-Konferenzraum in ILIAS („Besprechungen mit Tutoren“) eingerichtet.

Während des Versuchs verwenden Sie einen der beiden Konferenzräume „Besprechungen am Versuch“, entsprechend des gebuchten Teleskops Vale oder Brage. Falls Sie alternative Kommunikationswege benutzen, **müssen Sie dennoch über diesen Konferenzraum erreichbar sein.**

Vorbereitung der Messungen

Diese Vorbereitungen sollen Ihnen eine Orientierung am Versuchstag geben, um z. B. einschätzen zu können, wie gut Sie in der Zeit liegen („... können wir die Messzeit erhöhen, um eine bessere Qualität der Spektren und damit eine leichtere Auswertung zu erhalten, oder reicht dann die reservierte Zeit nicht mehr aus? Fragen wir frühzeitig an, ob eine Verlängerung der Messzeit möglich ist ...“).

Objekte sollten mindestens 20° ¹ über dem Horizont stehen, um vernünftige Spektren zu liefern. Besonders Objekte mit geringer Deklination sind kritisch, da sie nicht weit über den Horizont steigen. (Auf dem Breitengrad x stehen Objekte mit Deklination x im Zenit, dementsprechend stehen Objekte mit Deklination $x-90^\circ$ am Horizont; Onsala: 57.5° nördl. Breite)

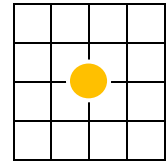
1. Bestimmen Sie für eine sinnvolle Auswahl der zu beobachtenden Objekte die Meridiandurchgangszeiten sowie die „Auf-, Meridiandurch- und Untergangszeiten“ für eine Höhe von 20° über dem Horizont. Wählen Sie dann für die zu messenden Objekte Zeitfenster, in denen Sie diese beobachten können.
2. Erstellen Sie eine Reihenfolge der Messungen entsprechend der günstigsten Stellungen der Objekte am Himmel. Dabei müssen Sie nicht nach der Reihenfolge der hier aufgeführten Aufgaben vorgehen. Es bietet sich jedoch an, mit einer Belichtungsreihe (entsprechend Punkt 8) zu beginnen, damit Sie die Entwicklung des Signal- zu Rausch-Verhältnisses für das entsprechende Objekt einschätzen können.
3. Erstellen Sie einen Mess- und Datenplan, in den Sie alle notwendigen Parameter, die Sie für die Analyse der Messungen benötigen, bereits vorher eintragen oder während der Datenaufnahme protokollieren (Uhrzeit, Dateinamen, Koordinaten, Koordinatensystem (galaktisch, äquatorial, Horizontsystem), ggf. Offsets, Belichtungszeit, Frequenz, Bandbreite, ...). Die Messzeit am Teleskop ist knapp und kann ggf. nicht verlängert werden. Rechnen Sie pro Messung mindestens 100% zusätzliche Messzeit für Datenspeicherung, Anfahren der neuen Koordinaten, ... etc. ein.
4. Während der Messung: die Messdaten müssen jeweils noch aktiv im Datenarchiv abgespeichert werden! Überschreiten Sie die reservierte Messzeit, werden Sie automatisch ausgeloggt. Beim Verlassen des Steuerprogramms gehen nicht gespeicherte Daten verloren! Falls noch keine anschließende Buchung besteht, können Sie Ihre Reservierung verlängern/editieren.

¹ Sie können evtl. auch bei einer Höhe von 15° noch eine vernünftige Messung erhalten, wenn diese notwendig wird. Wichtig ist, das gemessene Spektrum jeweils zu überprüfen! Evtl. bietet es sich an, die Messzeit etwas zu verlängern. Begründen Sie Abweichungen von den Vorgaben entsprechend. Die Höhe von 20° ist ein Richtwert für Ihre Planungen, der berücksichtigt, dass bei gewissen Azimuthwinkeln Büsche oder Gebäude die freie Horizontsicht einschränken.

Beobachtung der Sonne

Sonne möglichst hoch am Himmel, also idealerweise um die lokale Mittagszeit (13 Uhr MESZ).
Belichtungszeit etwa 10 s pro Spektrum.

5. 5x5-Scan der Sonne. Die Schnittpunkte repräsentieren die $5 \times 5 = 25$ Messpositionen. Im zentralen Punkt befindet sich die Sonne. Die Rasterweite beträgt 5° . Beachten Sie die Anleitung im SALSA-Manual 'SALSA project documentation: Antenna response using the Sun', insbesondere die Messeinstellungen in Abschnitt 2.3.
6. Kreuz-Scan in Azimut und Höhe (jeweils -16° bis $+16^\circ$, 2° -Schritte).
7. Bestimmen Sie mittels Anpassung einer Gauß-Funktion σ und die FWHM (Gesamtbreite bei halber Maximalhöhe), sowie Abweichungen in der Positioniergenauigkeit des Teleskops.



Beobachtung der Milchstraße

8. Belichtungsreihe für HI-Spektrum an einer Position in der galaktischen Ebene (I je nach Beobachtbarkeit, $b=0^\circ$; wählen Sie ein I, bei dem Sie ein gut strukturiertes Spektrum erwarten, also nicht gerade um $l \sim 180^\circ$ mit einer Einzellinie bei $v=0$). Wie entwickelt sich ein Spektrum für Belichtungszeiten von 1 s, 3 s, 10 s, 30 s, 100 s und 300 s? Wählen Sie für die weiteren Messungen eine Messzeit, bei der Sie die Strukturen im Spektrum mit ausreichendem Signal- zu Rausch-Verhältnis erkennen und damit auch auswerten können!
9. Leiten Sie im ersten Quadranten des galaktischen Koordinatensystems bei einer galaktischen Breite $b=0^\circ$ und für $l > 30^\circ$ die Geschwindigkeitskurve der Milchstraße $V(R)$ ab (im Abstand von $\Delta l = 5^\circ$). Vermessen Sie dazu die maximale Geschwindigkeitskomponente im jeweiligen Spektrum. (Belichtungszeit 30-mindestens 60 s; Sie dürfen auch gerne bei galaktischen Längen $0^\circ < l < 30^\circ$ messen, wenn diese mit Ihrer Beobachtungszeit in Einklang sind!).
10. Gehen Sie von einer konstanten Rotationsgeschwindigkeit $V(R)=V_0=\text{const.}$ aus. Führen Sie nun auch Beobachtungen für $90^\circ < l < 215^\circ$ durch (im Abstand von $\Delta l = 10^\circ$).
11. Werten Sie alle Geschwindigkeitskomponenten in allen Ihren Spektren in den Quadranten I, II und III aus. Mit Hilfe dieser Relativgeschwindigkeiten können Sie die Bahnraden der Wasserstoffwolken bestimmen.
12. Welches Modell für die Rotation der Galaxie leiten Sie aus Ihren Messungen ab?
13. Vergleichen Sie Ihre Kartierung der Wasserstoffwolken mit anderen Arbeiten.