

Hanna Kradolfer
Götighoferstrasse 11
8586 Riedt b. Erlen
077 479 79 01
hanna.kradolfer@gmail.com

Kantonsschule Romanshorn
Klasse 3mdz
SLA

Einfluss dunkler Materie auf die Rotationskurve von Galaxien

1×1

(Original size: 200×200 bp)

Fach: Physik
Betreuungsperson: Dr. Andreas Schärer
Abgabetermin: 11.9.2023

Abstract

Dies ist ein Abstract.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Kapitel 2	2
2.1	Aufbau von Galaxien	2
2.2	Rotationskurve	2
2.3	Galaxien drehen sich zu schnell	3
2.3.1	mögliche Begründungen	4
3	Kapitel 3	5
3.1	Die vier fundamentale Wechselwirkungen	5
3.2	Dunkle Materie	5
3.3	Galaxien mit dunkler Materie	6
4	Kapitel 4	7
A	Erster Anhang	8
B	Zweiter Anhang	9
	Literatur	10
	Abbildungsverzeichnis	11

1 Einleitung

Der Nachhimmel faszinierte Menschen schon seit Urzeiten. Die Ägypter nutzen Sterne für die Zeitmessung, die Babylonier entwickelten komplexe astronomische Kalender, und die antiken Griechen betrachteten die Bewegungen der Himmelskörper als göttliche Botschaften. Bis hin zum geozentrischem Weltbild welches dann vom heliozentrischen ersetzt wurde. Vom Gedanken alles dreht sich um die Sonne bis hin zur Überlegung, die Sonne bewegt sich mit ihren Planeten um ein schwarzes Loch mit Millionen von anderen Sternen. Von der Idee es gäbe nur eine einzige Galaxie bis hin zum Wissen es gibt möglicherweise unendlich viele Galaxien. Von der Annahme dass das Universum sei statisch bis hin zum Beweis der beschleunigten Expansion des Universums. Durch Beobachtungen und Messungen versuchen Astronomen unser Nachhimmel zu verstehen und erklären zu können.

In einem ersten Teil werde ich auf Galaxien und dessen Eigenschaften eingehen. Im zweiten Teil werde ich als erstes die vier fundamentalen Wechselwirkungen erklären, danach was dunkle Materie sein könnte und warum es sie geben muss. Anschließend erläutere ich den Zusammenhang zwischen der Rotationskurve von Galaxien und wie dunkle Materie diese ergründen kann.

Damit beantworte ich folgende Fragestellung: Wie beeinflusst dunkle Materie die Rotationskurve von Galaxien?

2 Kapitel 2

2.1 Aufbau von Galaxien

Es gibt verschiedene Arten von Galaxien wie zum Beispiel die Eliptische-, Spiral-, Balken-, Linsenförmige-, und die Irreguläre Galaxien. Sie unterscheiden sich in Struktur und Form. Grundsätzlich haben alle ein Gravitationszentrum, um welches sich alles dreht. Im Zentrum der Galaxie befindet sich ein Schwarzes Loch welches umgeben von einem sogenannten Bulge ist. Der Bulge ist eine riesige Sternenansammlung auf relativ engem Raum. Um das Zentrum herum erstreckt sich eine galaktische Scheibe, in der sich die meisten Sterne, interstellarem Gas und Staub befinden. Je nach Galaxieart sind die Ärmel anders angeordnet, z.B. sind diese spiralförmig in der Spiralgalaxie. Um die Scheibe herum befindet sich ein spärliches Halo, in dem sich Sterne und Kugelsternhaufen befinden. (Ignasi Ribas, Chris Hadfield, 2021, S. 20-24)

2.2 Rotationskurve

Rotationskurven geben an, wie sich die Geschwindigkeit von Objekten innerhalb einer Galaxie verändern im Vergleich zum Abstand vom Zentrum. Damit die Rotationskurve und die Massenverteilung von Galaxien berechnet werden kann, muss ihre Struktur sowie ihre Zusammensetzung aus Sternen, Staub, stellarem Gas und dunkler Materie bekannt sein. (Ann-Kristin Möller, 2010, S.5)

Die universale Rotationskurve, ist eine mathematische Formel, die die Rotationskurven von Galaxien anhand ihrer Gesamtheit und ihres Radius charakterisiert. Wodurch darauf geschlossen werden kann, dass die hellsten Galaxien eine leicht Abfallende Rotationskurve haben, mittlere eine constant flache und dunklere Galaxien eine monoton ansteigende Rotationskurve haben. (Yoshiaki Sofue and Vera Rubin, 2000, S.7 und S. 17)

2.3 Galaxien drehen sich zu schnell

Die Formel zur Berechnung der Orbitalgeschwindigkeit lautet:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$

Wobei G die Gravitationskonstante ist, M ist die Masse des Zentralgestirns und r die Distanz zwischen den Objekten. Bei M muss beachtet werden, dass die gesamte Masse innerhalb der jeweiligen Planetenbahn zählt. Von dieser Formel würde man darauf schließen, je weiter weg das Objekt desto langsamer bewegt sich dieses, da durch r dividiert wird, was auch bei den Planeten in unserem Sonnensystem zu trifft. Dieses Gesetz kann auf alle Systeme, wo ein Körper ein Zentralbereich umkreist, angewendet werden. (Thomas Bürke, 2022, S. 21) Ähnlich ist es bei den Galaxien, jedoch befindet sich im Zentrum nicht eine einzige dominierende Masse, sondern die sogenannte Bulge. Dort befinden sich so viele Sterne, dass sie nicht mehr einzeln zu erkennen sind. Mit der Spektroskopie der fernen Sternsysteme können Aufschlüsse über die Bewegung und Masse der Sterne gezogen werden. Jedoch erweist sich die Aufnahme von Spektren als Herausforderung, vor allem die Bestimmung der Geschwindigkeit von Objekten in den lichtschwachen Außenbereichen der Scheibe. Vergleicht man die hellen Zentralgebiete mit den Äusseren, sind dort nicht mehr viele Sterne zu erwarten. Dadurch fasste man den Schluss, dass die Geschwindigkeit mit wachsendem Abstand zum Zentrum abnehmen muss, gleich wie im Sonnensystem. Jedoch beobachtete Horace Babcock, der mit einem neuen Spektrographen die Rotationskurve der Andromeda-Galaxie mass, etwas Überraschendes. Anstelle einer abfallenden Rotationskurve blieb sie bis in die Außenbereiche konstant, sie schien sogar eher zuzunehmen. Wenn die Geschwindigkeit der Körper mit wachsendem Abstand vom Zentrum nicht abnehmen, sondern konstant bleiben, muss sich innerhalb der Umlaufbahn unsichtbare Materie befinden, welche eine erhebliche Schwerkraft ausübt. Vereinfacht: Galaxien haben zu wenig Masse, als dass sie sich so schnell drehen könnten. Für ein besseres Verständnis kann man sich ein Kettenkarussell vorstellen, dessen Sessel sich so schnell drehen, dass die Ketten reißen. Jedoch halten die Spiralgalaxien aus unerklärlichen Gründen zusammen. (Thomas Bürke, 2022, S. 26)

2.3.1 mögliche Begründungen

Der Astronom Jan Hendrik Oort stiess auf das Gleiche Problem, als er Daten von der Galaxie NGC 3115 auswertete. Diese Galaxie zählt zu den Linsenförmigen, mit einem zentralen Bulge und einer ausgeprägten Scheibe ohne Spiralarme. Gleich wie Babcock in der Andromeda-Galaxie zu hohen Geschwindigkeiten der Objekte weit vom Zentrum entfernt kam, kam Oort auf dasselbe: Die Umlaufgeschwindigkeiten der Sterne nehmen mit wachsendem Abstand vom Zentrum nicht ab. Oort kam zum Schluss, dass die Massenverteilung fast keine Beziehung zu der des Lichts habe. Er vermutete, dass es sehr lichtschwache und damit nicht mehr erkennbare Zwergsterne gibt, welche der Grund für die fehlende Masse war. Vera Rubin, eine der ersten Frauen, die sich in dieser zu der Zeit männerdominierten Forschungsrichtung durchsetzte, beobachtete die Geschwindigkeit von etwa 1000 Sternen in der Milchstrasse und kam zu demselben Schluss: Die Rotationskurve ist flach und nimmt nicht ab, wie man es erwarten würde. (Thomas Bührke, 2022, S. 29)

3 Kapitel 3

3.1 Die vier fundamentale Wechselwirkungen

Die vier Wechselwirkungen sind, die Gravitation, die elektromagnetische Wechselwirkung, die schwache Wechselwirkung und die starke Wechselwirkung. Jede Wechselwirkung hat eine eigene Ladung, diese gibt an wie sensitiv ein Teilchen für diese Wechselwirkung ist. Es könnten alle Phänomene und Prozesse, welche auf der Erde oder im Weltall beobachtet werden mit den vier fundamentalen Wechselwirkungen beschrieben werden. Das Standardmodell der Teilchenphysik beschreibt drei der Vier wechselwirkungen, die Gravitation spielt keine zentrale Rolle, da die Teilchen eine solch kleine Masse haben. Die Gravitation wird durch die allgemeine Relativitätstheorie beschrieben die nicht Teil des Standardmodells ist. Sie wirkt zwischen allen Teilchen welche eine Masse besitzen. Die elektromagnetische Wechselwirkung, wirkt zwischen elektrisch geladenen Teilchen wie Elektronen und Protonen. Die schwache Wechselwirkung wirkt bei der Kernfusion. Die starke Wechselwirkung hält die Protonen zusammen(Thomas Bürke,2022, S.181 + website) Die Gravitation und die elektromagnetische Wechselwirkung erfahren wir die direkt in unserem Alltag, die schwache und starke Wechselwirkung jedoch nicht da ihre Reichweite zu gering ist.

3.2 Dunkle Materie

Es gibt zwei Arten von Dunkler Materie. Die baryonische und die nicht baryonische Dunkle Materie. Unter baryonischer Materie versteht man normale Materie welche aus Elektronen, Neutronen und Protonen besteht. Damit sind zum Beispiel Objekte wie Massentrübe und daher Leuchtschwache Sterne gemeint. Diese haben die Fachbezeichnung MACHO"was für Massive Compact Halo Objects steht. Diese können nicht Direkt beobachtet werden. Braune Zwerge, Weiße Zwerge und Neutronensterne sowie schwarze Löcher gehören auch zu der Kategorie baryonische dunkle Materie. (Thomas Bürke,2022, S. 46) Jedoch reicht die Masse dieser Objekte nicht aus um das dunkle Materie Problem zu lösen. (Ann-Kristin Möller,2010, S.15) Nicht baryonische Materie, wie der Name verrät besteht nicht aus Elektronen, Neutronen und Proto-

nen. Es gibt verschiedene Vermutungen was diese sein könnte. (Sibylle Anderl,2023, S. 51) Infrage kommen WIMPs, was auf deutsch für schwach wechselwirkende massenreiche Teilchen bedeutet. Diese Teilchen besitzen keine Ladung und somit auch kein elektrisches oder magnetisches Feld, dadurch beschränkt sich ihre Wechselwirkung auf die Gravitation und die schwache Wechselwirkung. Das bedeutet das sie ungestört Planeten durchqueren wodurch sie auch so schwer sind zu detektieren. (chemie.de) Es wird mit verschiedenen Methoden nach WIMPs gesucht. Die Suchmethoden basieren darauf, dass ein WIMP mit einem Atomkern zusammenstößt dies kann unterschiedliche Folgen haben, wie die Ionisation, die Szintillation oder die Phonon-Anregung. Bei der Ionisation schlägt das WIMP ein Elektron aus der Atomhülle heraus und ein messbaren elektrischen Strom wird erzeugt. Bei der Szintillation löst das WIMP einen kurzen Lichtblitz aus, wenn es auf ein Atomkern prallt. Bei der Phonon-Anregung kann die Kollision mit einem WIMP in einem Kristall Schwingungen des Kristallgitters auslösen und dabei erhöht sich die Temperatur geringfügig. (Thomas Bürke,2022 S.190) (Thomas Bürke,2022, S.188)

3.3 Galaxien mit dunkler Materie

4 Kapitel 4

hello

A Erster Anhang

Ergänzende Informationen gehören in den Anhang. Wären diese Informationen im Haupttext der Arbeit, würden sie stören, zum Beispiel weil es zu viel und zu detailliert ist. In den Anhang (unter Umständen) gehören:

- Code einer Programmierarbeit (Zeige im Haupttext nur Codeausschnitte, die der Argumentation helfen)
- detaillierte Berechnungen
- Ergebnisse einer Umfrage
- Interviews
- ...

B Zweiter Anhang

Anhang der 2.

Literatur

Abbildungsverzeichnis