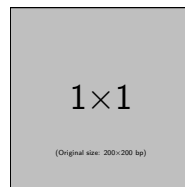


Hanna Kradolfer
Götighoferstrasse 11
8586 Riedt b. Erlen
077 479 79 01
hanna.kradolfer@gmail.com

Kantonsschule Romanshorn
Klasse 2md
SLA

Einfluss Dunkler Materie auf die Rotationskurve von Galaxien



Fach: Physik
Betreuungsperson: Dr. Andreas Schärer
Abgabetermin: ?? 11.09 2023

Abstract

Dies ist ein Abstract.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	2
2.1	Aufbau von Galaxien	2
2.2	Galxien drehen sich zu schnell	2
2.3	Rotationskurve	2
2.4	Die vier fundamentale Wechselwirkungen	3
2.5	Dunkle Materie	3
2.6	Erstes Unterkapitel des ersten Kapitels	4
2.7	Zweites Unterkapitel des ersten Kapitels	4
3	Kapitel 3	5
3.1	Baryonische Materie	5
3.2	Dunkle Materie	6
3.3	Aufzählung	6
3.4	Hilfreiche Links	7
3.4.1	Tabelle	7
3.4.2	Symbole	8
3.5	Zweites Unterkapitel des zweiten Kapitels	8
4	Code	9
4.1	Python Code	9
4.2	JavaScript and TypeScript Code	9
4.3	C# Code	9
A	Erster Anhang	11
B	Zweiter Anhang	12
	Literatur	13
	Abbildungsverzeichnis	14

1 Einleitung

Es folgt

2 Grundlagen

2.1 Aufbau von Galaxien

Es gibt verschiedene Arten von Galaxien wie zum Beispiel die Eliptische-, Spiral-, Balken-, Linsenförmige-, und die Irreguläre Galxien. 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 Ärmeänders 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 Galxien drehen sich zu schnell

Die Formel zu Berechnung von der Orbital Geschwindigkeit lautet:

$$v = \sqrt[2]{\frac{G * M}{r}}$$

Wobei G die Gravitstionskonstante ist, M ist die Masse des Zentralgestirns und r die distanz zwischen den Objekten. Bei M muss beachtet werden, das 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 Bührke, 2022, S. 21)

2.3 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 Mas-

senverteilung von Galaxien berechnet werden kann, muss ihre Struktur sowie ihre Zusammensetzung aus Sternen, Staub, stellarem Gas und dunkler Materie bekannt sein. (Bachelorarbeit, Ann-Kristin Möller, S.5)

Die universale Rotationskurve, ist eine mathematische Formel, die die Rotationskurven von Galaxien anhand ihrer Gesamthelligkeit 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, S.7 und s 17)

2.4 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 Standardmodels 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, 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.

2.5 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, Neu-

tronen und Protonen besteht. Damit sind zum Beispiel Objekte wie Massenanreicherung 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. (S.46 Thomas Bürke) Jedoch reicht die Masse dieser Objekte nicht aus um das dunkle Materie Problem zu lösen. (Bachelor 4.1) Nicht baryonische Materie, wie der Name verrät besteht nicht aus Elektronen, Neutronen und Protonen. Es gibt verschiedene Vermutungen was diese sein könnte. (Sibylle Anderl,2023, S. 51) In Frage 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 S.190)

(Dr.Thomas Bürke, S. 188)

2.6 Erstes Unterkapitel des ersten Kapitels

2.7 Zweites Unterkapitel des ersten Kapitels

Füge mit *newpage* einen Seitenumbruch ein.

3 Kapitel 3

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

3.1 Baryonische Materie

Füge ein Bild ein:

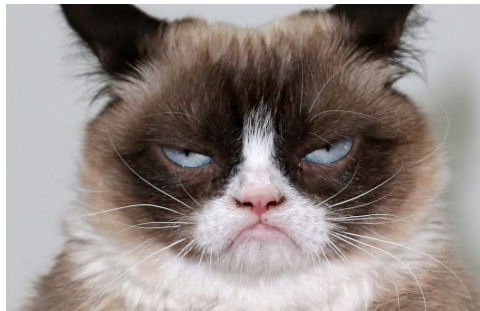


Abbildung 1: Grumpy cat. The Grumpy Cat is a grumpy cat.

Natürlich kann man auch Referenzen auf Bilder einfügen. Bild 1 zeigt die Grumpy Cat. Die Breite/Höhe eines Bildes kann man angeben z.B. mit `width=3cm` oder `height=15mm`. Soll das Bild die halbe Breite des Textes haben, kann man angeben `width=0.5\textwidth`

3.2 Dunkle Materie

Liste

- Erstes Element
- Zweites Element
- Drittes Element
- Viertes Element

Sehr kompakte Liste:

- Erstes Element
- Zweites Element
- Drittes Element
- Viertes Element

3.3 Aufzählung

Aufzählung mit Zahlen nummeriert:

1. Erstes Element
2. Zweites Element
3. Drittes Element
4. Viertes Element

Aufzählung mit Grossbuchstaben nummeriert:

- A Erstes Element
- B Zweites Element

C Drittes Element

D Viertes Element

Aufzählung mit krossbuchstaben nummeriert:

a) Erstes Element

b) Zweites Element

c) Drittes Element

d) Viertes Element

Aufzählung mit römischen Buchstaben nummeriert:

(i) Erstes Element

(ii) Zweites Element

(iii) Drittes Element

(iv) Viertes Element

Kapitel ohne Nummerierung

Wer meine Nummer findet, soll sich bitte bei mir melden!

3.4 Hilfreiche Links

3.4.1 Tabelle

Verwende den folgenden Tabellen-Generator, um einfache Tabellen zu erzeugen: [https://
www.tablesgenerator.com](https://www.tablesgenerator.com)

3.4.2 Symbole

Falls du nicht weisst, wie man ein gewisses Symbol in LaTeX darstellst, so hilft dir folgende Seite, um dieses zu identifizieren: <http://detexify.kirelabs.org/classify.html>

3.5 Zweites Unterkapitel des zweiten Kapitels

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscining semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

4 Code

4.1 Python Code

Code-Ausschnitt:

```
1 import numpy as np
2
3 print("Hello World")
4
5 for i in range(3):
6     print(i)
```

Code direkt im Fliesstext integriert: `print(42)`.

4.2 JavaScript and TypeScript Code

```
1 function greeter(person: string) {
2     return "Hello, " + person;
3 }
4
5 let user = "Jane User";
6
7 document.body.textContent = greeter(user);
```

Code direkt im Fliesstext integriert: `let user = "Jane User";`.

4.3 C# Code

```
1 using System;
2
3 namespace HelloWorld
4 {
```

```
5  class Program
6  {
7      static void Main(string[] args)
8      {
9          Console.WriteLine("Hello World!");
10     }
11 }
12 }
```

Code direkt im Fliesstext integriert: Console.WriteLine("Hello World");!.

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

1	Eintrag in Abbildungsverzeichnis von Grumpy Cat	5
---	---	---