

暗黒物質が議論の対象に

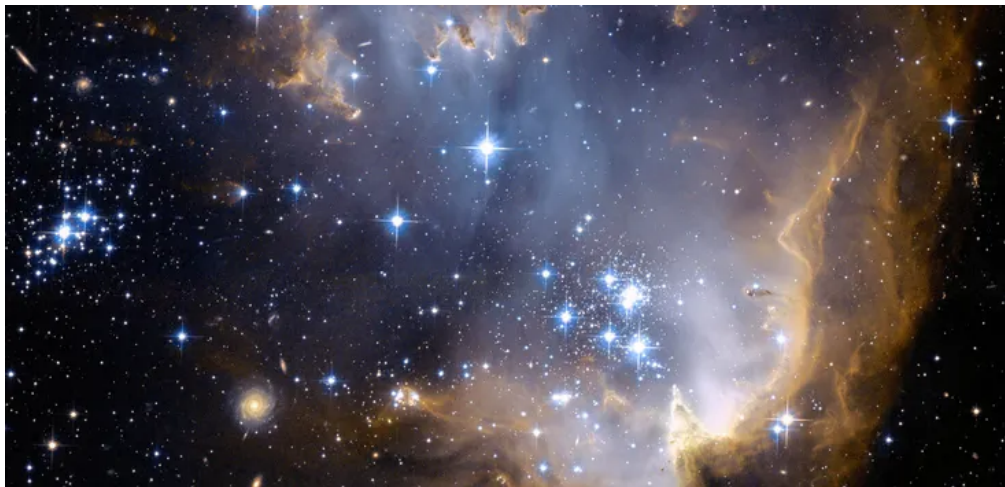
2023 年 9 月 20 日 著者: ビクター・エストラダ・ディアス

導入

太古の昔から、人類は広大で無限の星空に憧れを抱いてきました。天体に対する好奇心によって、私たちは空にある星、惑星、銀河、その他の天体の位置を正確に特定できる座標系を開発するようになりました。この文書では、私たちは探検します 天体の座標と天文学者が空間内の距離を測定する方法は、宇宙における私たちの位置をより深く理解することを可能にする記念碑的な課題です。

それ
我々
きる
せ?

空は、
星、彗
惑星、
星、星
銀河、
エー
など、
まな天
私たち



はで
知ら

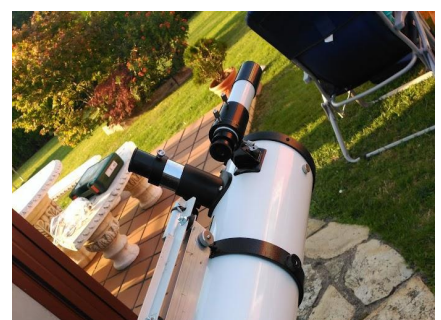
小惑
星、
恒
団、
ク
サー
さまざ
体を
に見

せてくれます。ただし、これらのオブジェクトの認識方法は、オブジェクトの距離や動きによって異なります。

小惑星、彗星、惑星は、その接近による空での見かけの動きによって区別されます。小惑星や彗星は急速に位置を変えることができますが、惑星も移動しますが、その速度は背景の星に比べて遅くなります。

恒星は、見かけ上は動かないように見えますが、星の視差により、年末には空でわずかな変位を示します。これは、一年のさまざまな時期に位置を比較すると観察できますが、距離が遠いため小さいですが、これを計算するには十分です。

銀河は背景からその動きを区別できないほど遠くにあるため、視差を利用することはできません。さらに遠く 私たちの隣にあるのは銀河ですアンドロメダ、その距離は、私たちが信じている宇宙の構造がどのようなものであるかについての理論的な仮定の下でのみ直面することができる課題を提示しています。



恒星座標

そうですね、星や銀河の空の状況がわかります。さらに遠く遠ければ遠いほど、見かけの動きは小さくなるので、星や銀河の赤経と赤緯だけで空の位置を特定できますが、その方法を知る必要があります。それ 彼らは距離がある。

銀河からの距離が離れている場合は視差を距離として使用できますが、他の銀河のように距離が離れている場合は、物体が背景の同じ位置にあるため視差は機能しません。あらゆる目的に対してヌルとなる視差を測定します。距離を測定する効果的な方法を考案し、他の方法に頼る必要があります。

空、星の座標を理解する

地上または宇宙望遠鏡から空を観察する場合、天体を正確に特定する必要があり、この情報を優れたデータベースに保存することが重要であり、曖昧さなく恒星天体を特定するための正確な基準を準備する必要があります。

これを行うには、空の座標を確立する必要があります。

空を観察するための標準化された座標は角度測定です。

天体の座標: 空のマーク

地球からまたは宇宙望遠鏡を通して空を観察する場合、天体を明確に識別するために正確な座標を確立することが不可欠です。これらの座標は角度測定値で表されます。これは、地球上の位置によって決定される視野角を表すため、特定の単位の影響を受けないことを意味します。

ストレートアセンション(AR): 赤経は、天の赤道からこの面に垂直な物体の位置を特定するために取得される角度の測定値です。この座標は地球の経度に似ており、赤道面内の物体の位置を定義するために使用されます。

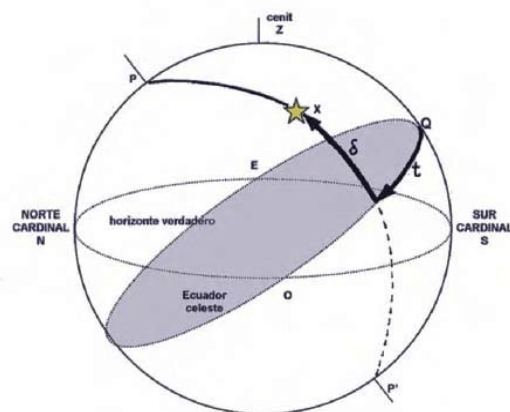
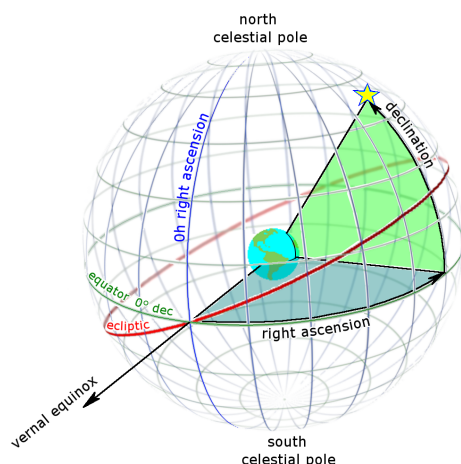
これは、赤道から星や銀河を垂直に見るために設定された測定値であるため、赤経という名前が付けられています。

語形変化 (DEC): 赤緯は、天の赤道から上空までの角度の測定値です。空のオブジェクトの高さを決定します。赤経と組み合わせると、赤緯は星や銀河の空の位置を独自に定義します。

赤道からの空の高さです。

これらの測定は、星や銀河の空の位置を決定しますが、それを示すものではありませんそれ 発見されるまでの距離はありますが、ほとんどの場合、上空でそれらを識別するには十分です。

- RA: 直系、DEC: 偏角。

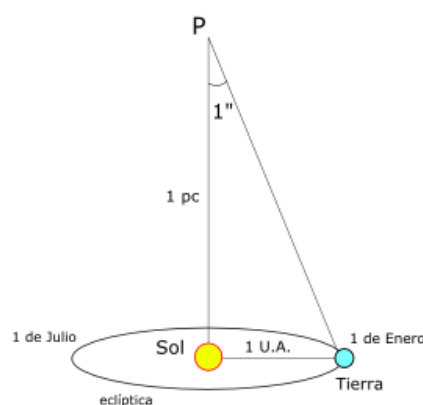
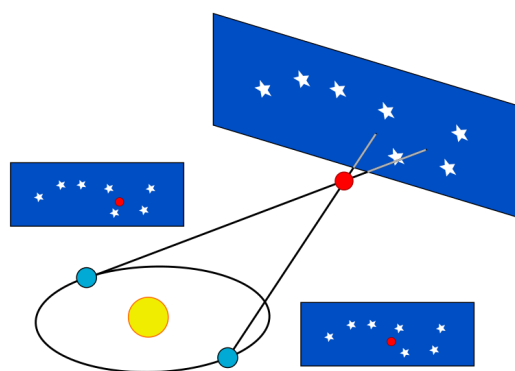


何が見えるでしょうか？

小惑星、彗星、惑星、星、星団、銀河、クエーサー。

最初の3つである小惑星、彗星、惑星は明確に区別できます。なぜなら、それらが近づくと、空での位置が常に変化するからです。これは、私たちが近くにいる人が私たちに対して動いているのを見るのと同じように、また逆に、私たちに近くにいる人が見えるのと同じです。非常に遠いです。常に同じ見かけ上の位置にある点としてです。

星は常に空の同じ領域にあるように見えますが、1年の正反対の2つの時期に星を観測すると、遠方の観測距離、つまり天体の周りの軌道によって得られる両眼視のせいで、星は常に同じ領域にあるように見えます。太陽、私たちは特定の違いを観察できるでしょう。はるかに遠い背景では、この測定方法は「視差」として知られており、角度測定です。



https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_distance_ladder#/media/File:Extragalactic_Distance_Ladder_en.svg

距離を測定する

銀河内の星については「視差」を使用します。

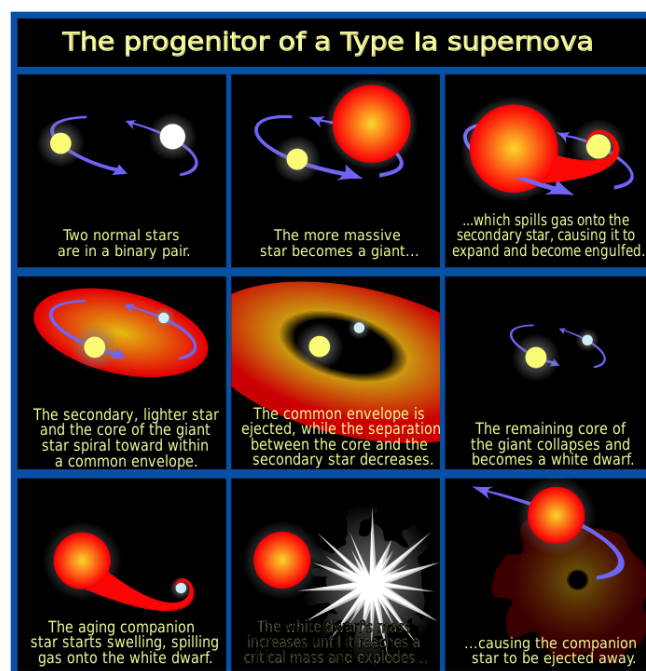
星が遠すぎると、私たちはそれをするのができなくなります違いを教えてください 背景に対する位置の調整により、次のようなアイデアが得られます。視差 星のために積雲 非常に遠い銀河やクエーサーは不可能です。

私たちの銀河系の星については、PARALLAX (視差) が可能な測定値であり、有効、しかしさらに遠くそこでは、物体の位置は年間を通じて変化しないため、使用できる測定値はなく、角度値は 0 になります。

視差を利用できない銀河レベルの距離を計算する方法のうち、さらに遠く Z (スペクトルの赤方偏移) の方法が使用されますが、この方法にはいくつかの欠点があります。さらに遠くカタログ内で変数 z として使用されますなぜ その上 角度測定値 RA (上昇 直線) と DEC (偏角) は通常測定できる変数です。

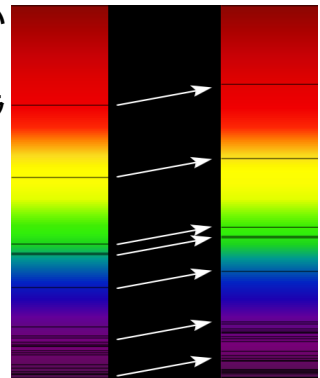
非常に長い距離に対する視差の代わりに、いくつかの方法を使用できます。

1. 標準ローソク足法 (セファイズと Ia 型超新星): セファイド星や Ia 型超新星などの変光星には、固有光度と変動周期の間によく知られた関係があります。天文学者は、地球からの見かけの明るさを観察することで、その距離を推定することができます。
 - これらの超新星は、隣の伴星から質量を消費することによって、新星になるための臨界質量に達する時期が来るために発生します。重要なことは、この臨界質量が新しい新星が確実に質量と明るさの条件を備えていることです。標準化されているため、距離を測定するための標準キャンドルとして非常に適しています。
 - [始祖 Ia 超新星 - Ia 型超新星 - SpeedyLook 百科事典](#)



2. ハッブル・ルメートル・レイ法: 1927 年にルメートルによって発見され、によって提案された宇宙の膨張 エドウィン ハッブルは 1929 年に銀河の後退速度と銀河の距離との関係を確立しました。銀河から発せられる光の赤方偏移を測定することで、その距離を推定できます。
 - [ハッブル・ルメートルの法則 - SpeedyLook 百科事典](#)

- 。 距離が離れると、私たちは膨張する宇宙にいると考えられているため、遠くの銀河では赤方偏移が増加していると考えられます。さらに遠くこの赤方偏移は次のように決定できます。ストライプ 既知の水素スペクトル。



- 。 これらは宇宙膨張の理論モデルに基づいているため、観測された変化の実際の測定値が理論モデルにどの程度適合するかによって決まります。
3. 重力レンズ: 銀河団などの巨大な物体の重力により、その背後にある物体からの光が歪む可能性があります。これは、重力レンズ モデルを使用して歪んだ光源までの距離を推定するために使用できます。
 4. 色倍率図: 星団や銀河群では、星や銀河は、見かけの明るさと相対的な色が相関するように関連付けることができます。これは、それらの距離を推定するために使用できます。
 5. ステファン・ボルツマンの法則: 物体の明るさは温度の 4 乗に比例します。天体(星など)の明るさと温度を測定することで、その距離を推定することができます。
 6. 星の進化モデル: 星の進化と、質量、温度、光度などの恒星の固有の特性を研究することで、天文学者は星や星団までの距離を推定できます。
 7. 半径方向速度法: 銀河などの光源から発せられる光のスペクトル線のドップラー シフトを測定することにより、その動径速度を求めることができます。動径速度と公転速度がわかれば、距離を推定できます。
 8. 間接的な幾何学的推定: 場合によっては、物体の見かけのサイズとその距離との関係など、間接的な幾何学的観測を使用して距離を推定することができます。
 9. 相対論的效果に基づく方法: 連星パルサーやブラック ホールなどの極端な天体物理学系では、軌道上の相対論的效果によって質量と距離に関する情報が得られます。
 10. 遠方の超新星の観測: Ia 型超新星などの遠方超新星は、その固有の明るさと見かけの明るさの関係によって遠方の宇宙の距離を測定するための宇宙標識として使用できます。

これらの方法と技術により、天文学者は、観測上の限界により視差法が適用できない場合でも、宇宙内の距離を推定することができます。これらのアプローチは、状況や測定する距離スケールに応じてそれぞれ使用されます。

しかし、それにはいくつかの欠点があります。

空間内の距離を測定するための前述の方法にはそれぞれ、独自の欠点と制限があります。

各方法に関連するいくつかの欠点のリストを次に示します。

1. 標準ローソク足法 (セファイズと Ia 型超新星):

それには、観測領域内の特定の変光星または超新星を識別する必要があります。

これらの関係を正確に校正するには詳細な観察が必要ですが、非常に遠くにある物体の場合は困難な場合があります。

2. ハッブル・ルメートル・レイ法:

これは正確な赤方偏移の測定に依存しますが、非常に遠くにある物体や赤方偏移が小さい場合は困難な場合があります。

線形関係は単純化された近似であり、すべての宇宙スケールで正確であるわけではありません。

3. 重力レンズ:

それはレンズとして機能する巨大な物体の存在に依存しますが、常に利用できるとは限りません。

複雑なモデリングが必要であり、基礎となる質量分布の影響を受ける可能性があります。

4. 色倍率図:

すべての状況に適用できるわけではなく、高品質のデータが入手できるかどうかによって異なります。

星間塵の存在は、色と明るさの測定に影響を与える可能性があります。

5. ステファン・ボルツマンの法則:

光度と温度を正確に測定する必要がありますが、遠くにある物体については測定が困難な場合があります。

星間塵も光度の測定に影響を与える可能性があります。

6. 星の進化モデル:

それには、質量や組成などの恒星の固有の特性に関する正確な情報が必要ですが、これらの情報を決定するのは難しい場合があります。

7. 半径方向速度法:

それは、非重力効果の影響を受ける可能性があるドップラーシフトの正確な測定に依存します。

軌道速度の知識が必要ですが、場合によっては不確実である可能性があります。

8. 間接的な幾何学的推定:

幾何学的推定の精度は、観測の品質と問題のシステムの特定の幾何学的形状によって異なります。

非常に大きな宇宙スケールには適用できないかもしれません。

9. 相対論的效果に基づく方法:

これらは、極端なシステムの非常に正確な観察を必要とし、入手が困難な場合があります。

相対論的效果の解釈は複雑になる場合があります。

10. 遠方の超新星の観測:

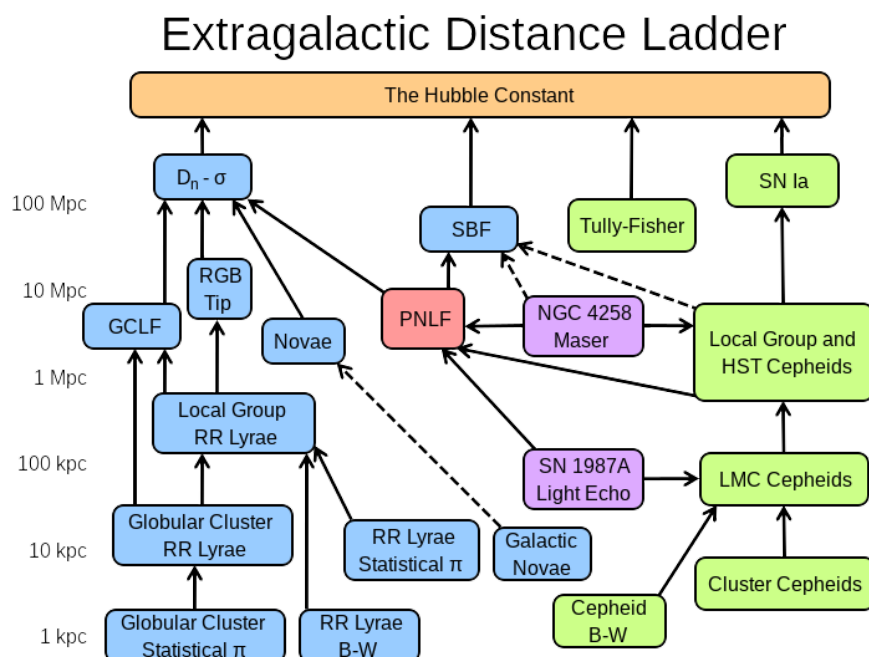
それには、特定の超新星を特定し、その明るさを正確に測定する必要があります。超新星や塵による消滅の性質には不確実性がある可能性がある。

銀河系外での距離測定の問題

これらの距離測定方法は、宇宙のモデルや宇宙の曲率についての私たちの考え方に大きく依存しており、距離を正確に測定することはできません。たとえば、距離として赤方偏移を使用する

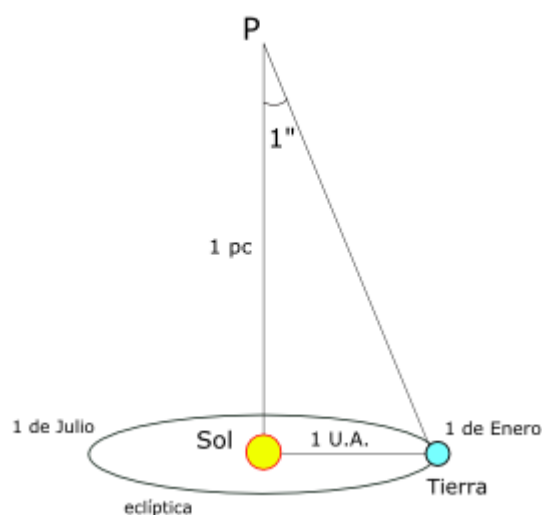
と、同じ概念をまとめることになり、これにより独立ではない 2 つの変数が生じますが、一方が他方を定義するため、これを知ることが非常に条件になります。として 赤方偏移によって距離を決定できます。

ここでは、距離の計算に使用される方法の複雑さがわかります。



銀河単位

距離を測定するには次のものを使用します。



天文単位 UA

- あなたの団結d 太陽から地球までの距離です

光年

- 単位は光が真空中を1年後に進む距離です。

パーセクとKpc

- 彼らです 単位は、1 秒の角度測定で視差を持つ星または恒星物体までの距離です。

1AUはkmでいくらですか？

- 国際天文学連合は、1 au を正確に 149,597,870,700 メートルに等しい長さとして定義しています。見てわかるように、1 AU はおよそ1億5000万キロ、太陽と地球の距離より少し短いもの。

1光年は何kmに相当しますか？

- その値は、真空中での光の速度を乗算することで求められます ($c = 299792.458 \text{ km/秒}$) 365.25 日 (1 年) および 86,400 (1 日の秒数)。この年の定義を使用すると、結果は 9,460,730,472,581 キロメートルになります。

パーセクの距離はどれくらいですか？

- 3.26光年に相当
- 約に相当する距離測定の単位**3.26**光年、 3.086×10^{16} メートル。パーセク (またはパーセク) は、地球の軌道を 1 秒角の角度として遠くに見ることができるよう、太陽系を観測する必要がある距離として定義されます。
- kpc は 1000 パーセクです
- 太陽に最も近い星 (プロキシマ ケンタウリ) の距離は、視差 0.76 秒角です。したがって、1.32 パーセク離れています。**4.29**光年、アルファ・ケンタウリ三重星系の一部です。

星の動きはどのようにして決定できるのでしょうか？

これは銀河系内でのみ可能です。さらに遠く 遠くにある物体は明らかな動きを示さないため、その速度を計算する際に座標の赤経と赤緯の変化によって決定することはできません。

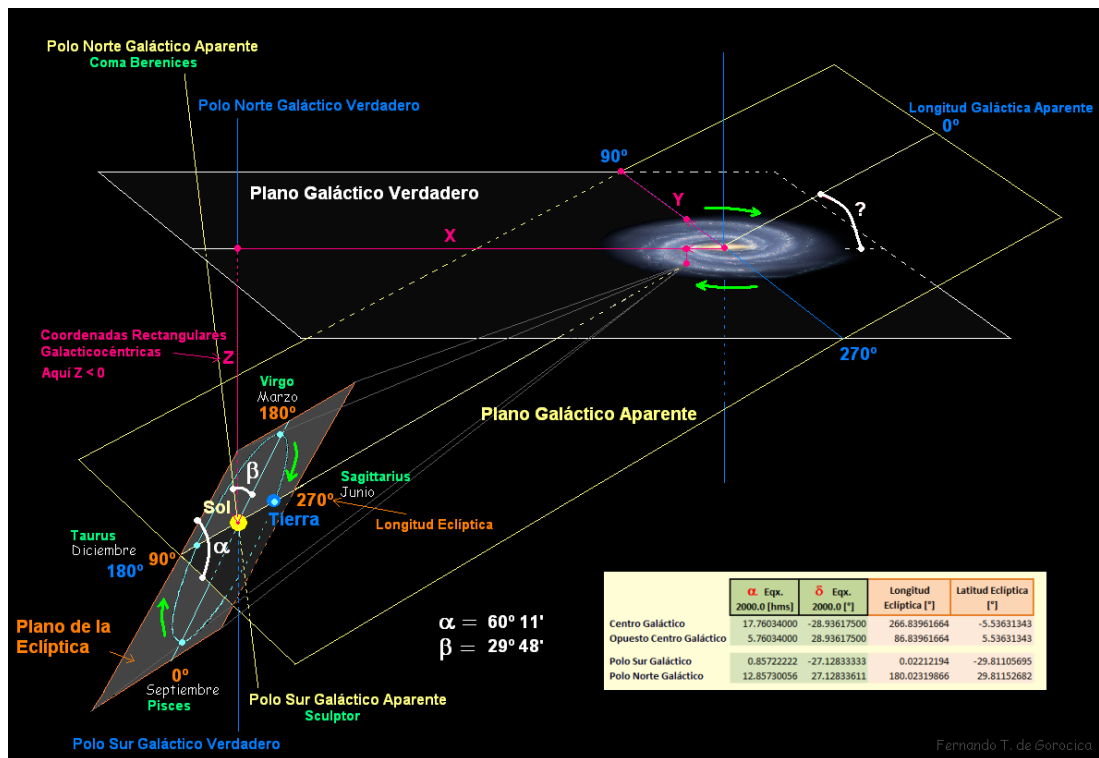
星の速度と方向は見かけの運動によって決まり、その座標の変化から空での観測位置が時間の経過とともに変化することがわかれば、その速度と方向を推定することができます。

これを行うには、直線上昇方向の見かけの動きと赤緯方向の動きの観測値を使用できます。これら 2 つの値は角度であるため、観測した角度の測定以外の単位はありません。彼らは通常、減算優性における見かけの動きを MRA と呼び、衰退における動きを MDEC と呼びます。

私たちが見逃している他の方向への動き、視差、私たちに向かう方向は直接取得できませんが、年を通じた周期的赤方偏移などの他の方法で計算できます。一部のデータベース カタログでは、観測からのデータは動径速度として知られています。。

銀河内の視覚的参照

フェルナンド・デ・ゴロシカによるこの画像は、銀河内の星の視覚的参照についてのアイデアを与えてくれます。



3つの飛行機:

1°) の計画黄道 地球の中心と太陽の中心を通り、天の赤道に対して 23 度 47 分傾いています。牡羊座(今日は魚座)のポイントは、システムの起源です。座標 地心黄道、つまり黄経と緯度。

2°) 計画名義の 見かけの銀河系、太陽の中心から銀河の中心まで進みます。見かけの銀河座標系が使用されており、現在では単に銀河座標と呼ばれ、銀河の経度と緯度が示されています。

3°) 彼飛行機と呼ばれる 真の銀河系 直方体座標系の原点である銀河の膨らみを中心とする銀河赤道を通過するもの銀河系-XYZ中心。

見かけの銀河面と真の銀河面の間角度や傾きはまだ定義されていません(白文字の?)。これが、私たちの星である太陽が、真の銀河面のどちら側にあるかに応じて、正または負の Z 値を持つことができる理由です。

見る: [見かけの銀河座標](#)。

日付 2014年4月30日、08時40分12秒

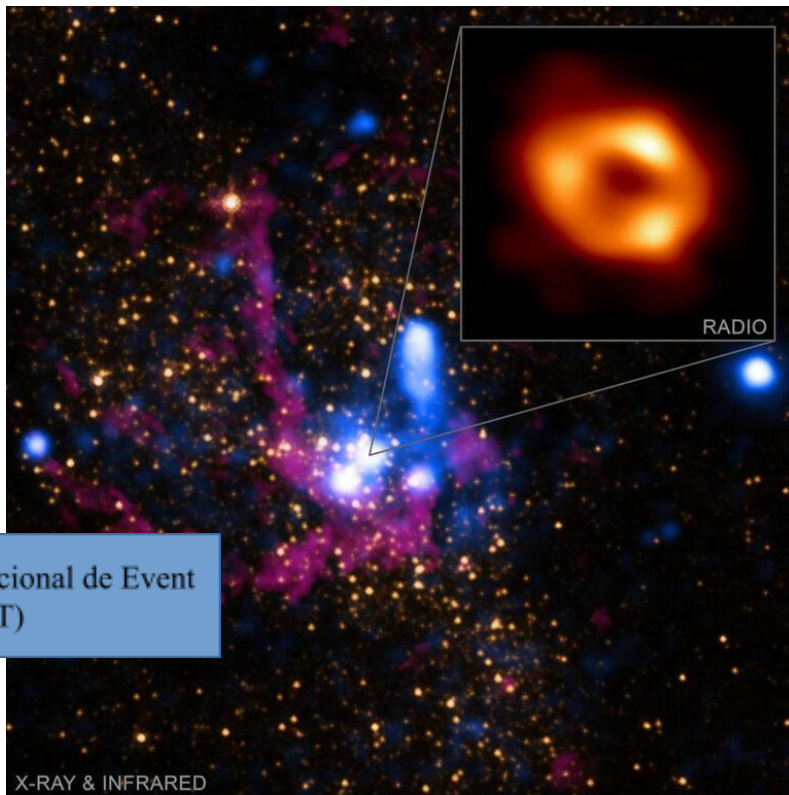
フェルナンド・ゴロシカ自身の作品

ソース https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plano_Gal%C3%A1ctico_y_la_Ecl%C3%ADptica.png

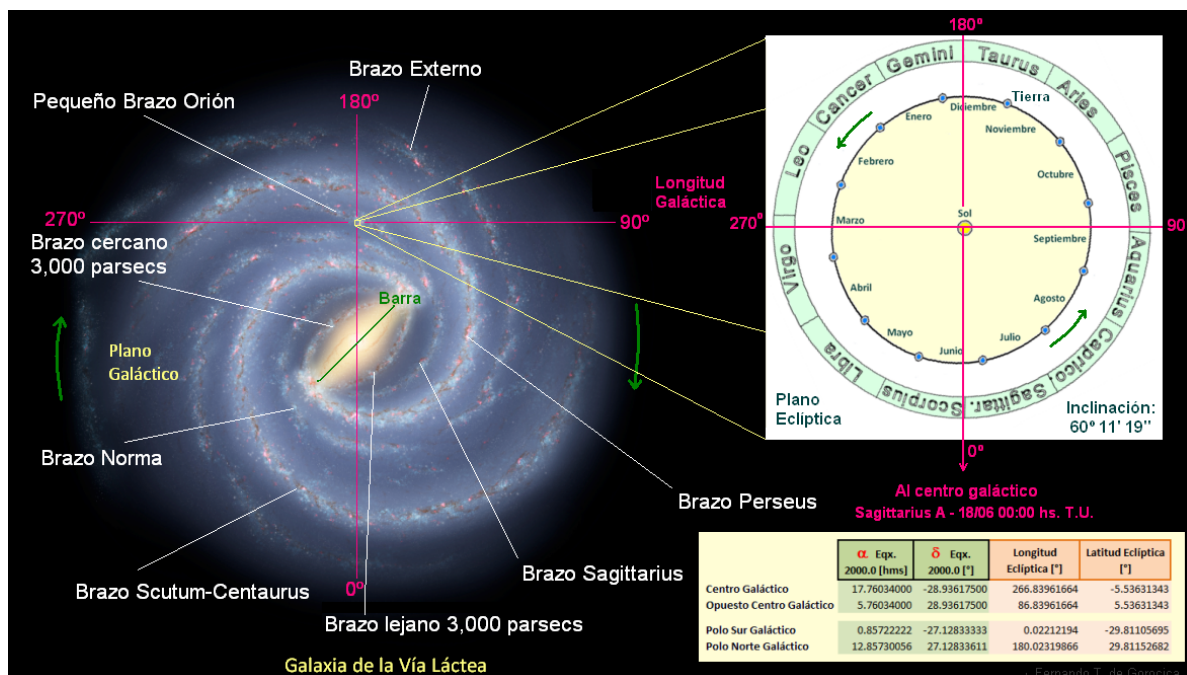
著者 [フェルナンド・デ・ゴロシカ](#)

銀河座標

上記の赤経、赤緯、視差の値は、直接使用される角度観測値であるため、銀河内の星の動きを研究するには役に立ちません。そのため、固定のデカルト座標系 X と Z が必要になります。銀河の中心で。



点 $(x,y,z) = (0,0,0)$ 射手座 A に設定されます。そこでは、EHT が世界中のアンテナのセットを使用して、干渉計を通じて地球サイズの電波望遠鏡を形成することに成功しました。アンテナ。



天の川銀河は SBbc タイプの銀河で、適度に開いた腕を持つ棒状の渦巻きです。ここで腕が見えますさらに遠く重要であり、太陽系は、その星座の星々が含まれるオリオンと呼ばれる小さな星系に位置しています。右側のグラフからも判断できます

それ 黄道星座は、円盤のどの腕か銀河の端か、そして真夜中に観察されるだけでなく、一年を通して観察されます。

たとえば、地球が太陽の周りを公転しているとき、6 月 (06/18) の真夜中には、より適切な白っぽい雲が見えます。射手座では、それが銀河の膨らみまたは中心であり、このような帯は地理的に南から北まで伸びています。

地球が12月の場合、6月に比べて明るさが低い雲が真夜中に観察され、これは天の川銀河の円盤または帯を構成する星に対応し、観察の方向は腕の外側にあります。双子座と蟹座が位置する同じ場所、次に銀河間空間。

見る: [銀河面と黄道](#)

日付 2014年4月30日、08時40分32秒

フェルナンド・ゴロシカ自身の作品

ソース https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coordenadas_Gal%C3%A1cticas_Aparentes.png

著者 [フェルナンド・デ・ゴロシカ](#)

観察に最適な場所

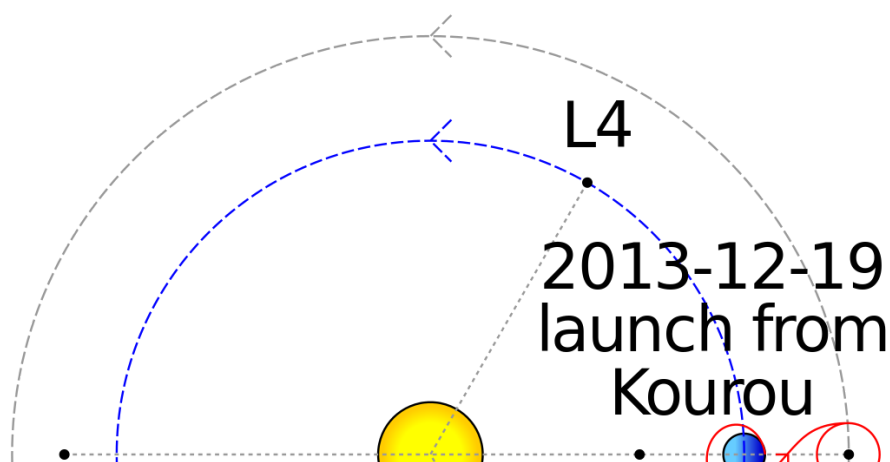
銀河の星に関するデータを取得することを目的として、欧州連合の組織である欧州宇宙機関 (ESA) は GAIA プロジェクトを設立しました。

ガイア宇宙ミッションは、2013 年 12 月 19 日にフランス領ギアナのクールー宇宙センターから太陽・地球系の第 2 ラグランジュ点 (L2) に向けて打ち上げられました。ガイアは、約 150 万キロメートル (約 93 万キロメートル) 離れた地球の L2 点を周回する軌道の上に設立されました。

ガイアは、天の川銀河内の 10 億以上の星の位置、動き、特徴を観察する野心的な恒星マッピングプロジェクトを実行するために設計されました。L2 ポイントに定住したことで、ガイアは太陽光、月、地球大気の干渉を受けることなく空を途切れることなく見ることができ、星の非常に正確な測定が可能になりました。

ガイアは発足以来、天文データを収集し、提供してきました。たくさんの情報 これは天文学にとって貴重であり、天の川の構造と進化、そして銀河内の星の分布についての理解を深めるのに役立ちます。

このプロジェクトで重要なことは、プログラミングの知識があり、研究に興味がある人なら誰でも、科学に非常に役立つ公開データにアクセスできることです。





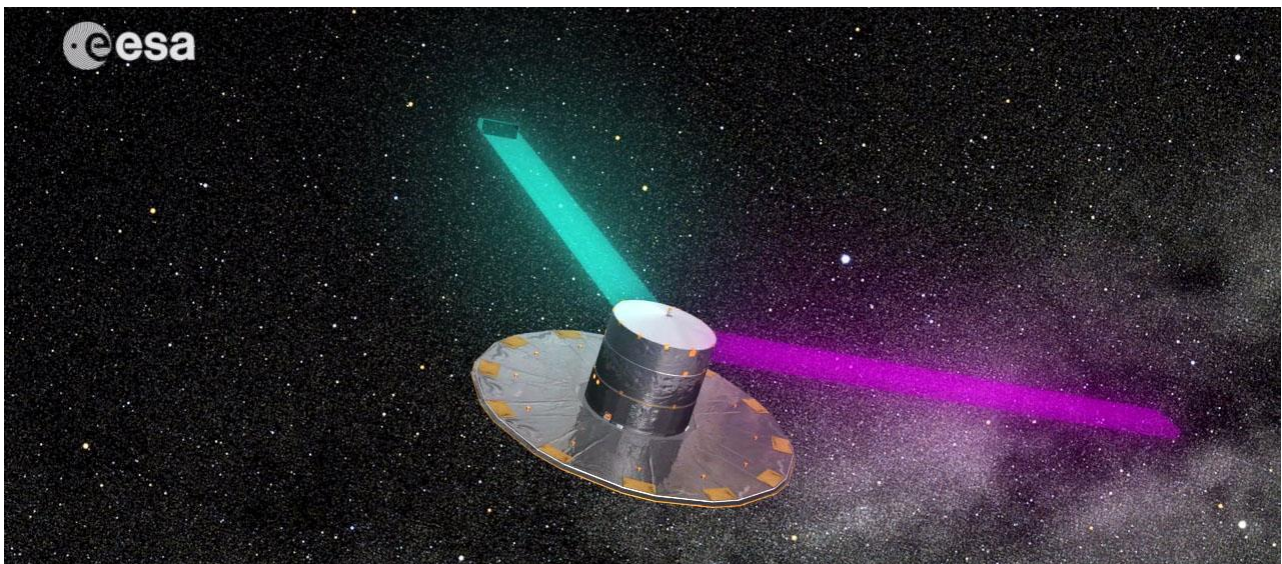
衛星は、銀河内の物体の位置、移動、その他のデータを収集して、地図作成を生成します。さらに遠く 完全に可能です。

写真はESAの所有物であり、saによるライセンスに基づいて共有されています。

このライセンスを表示するには、次のサイトにアクセスしてください。

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>

これらの使用に関するご質問は、画像 ESA 連絡先から: spaceinimages@esa.int

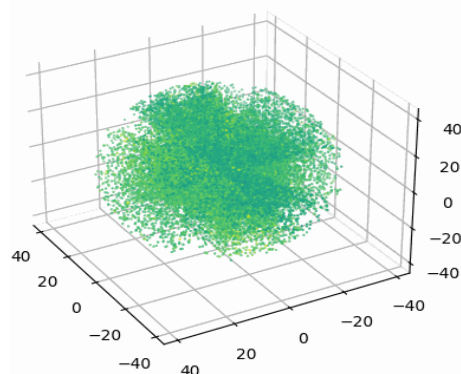


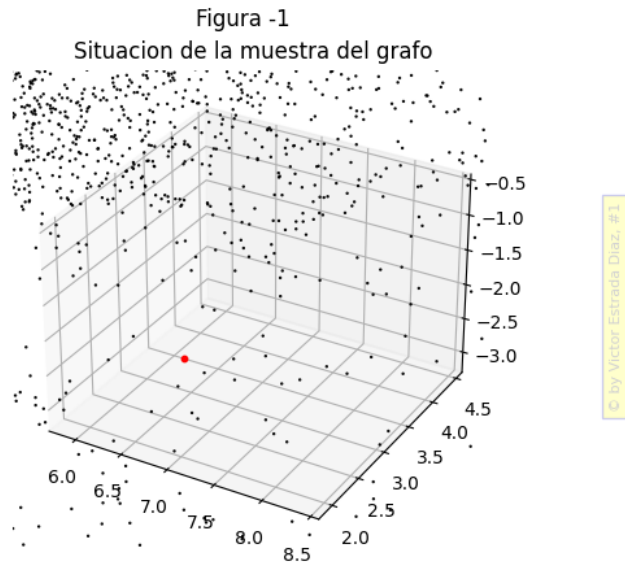
この例外的なオープンサイエンスプロジェクトにより、興味深い新しい概念を示す星の動きに関する研究を行うことができました。

上の図は、GAIA データベースへのクエリの結果です。

1つ目は、銀河の中心から約13万光年、半径40キロパーセク以内のサンプルで、私たちは銀河の中心から約2万7千光年、約8.3キロパーセク(kpc)の距離にあります。

Estrellas de la muestra: 11380152





下の図は太陽とその周囲にある近隣の星を示しており、太陽は赤色でマークされています。

私たちはどこにいるのでしょうか？

銀河内の太陽の状況、つまり太陽系の状況は次のとおりです。

$x0 = 8.3 \text{ \# kpc}$

$y0 = 0 \text{ \# kpc}$

$z0 = 0.027 \text{ \# kpc}$

KPCは入っていますキロパーセク

この状況は、銀河の中心から約 **27,000** 光年、銀河面の上空約 **88** 光年に相当し、**y** 座標は中心に向かう太陽の方向に設定されているため、値は **0** になります。

Y: **y** 座標は太陽から銀河の中心に向かう方向にゼロに設定され、銀河内の太陽の円運動に対して放射状になります。

X: **X** 座標は銀河の中心から **Y** 座標に対して垂直に設定されます。

Z: この座標は銀河の回転軸上に固定されています。

銀河の中心を通る **X** 面と **Y** 面の線は直交面 (**90 度**) にあり、銀河面と一致します。

星の速度の重要性

天文学では、視差 (PARALLAX) などの角度測定値を使用して距離を決定し、赤経 (RA) や赤緯 (DEC) などの天体座標を使用して空のオブジェクトの位置を特定します。これらの測定値は、地球の視点に対する星の位置に関する情報を提供します。

星の速度を知りたいときは、一年を通してその赤経座標と赤緯座標の変化を観察します。これにより、赤経に関する相対運動 (MRA) および赤緯に関する相対運動 (MDEC) として知られる相対角運動の測定値が得られます。

ただし、これらの測定は空の星の見かけの動きに関する情報のみを提供し、視線内の星の動きや視差については何も教えてくれないことに注意することが重要です。通常、視差方向の動きの値はゼロに近いが、非常に小さいです。

場合によっては、赤方偏移やその他の要因により、ガイア プロジェクトや他の天文台がこの速度を計算して提供することができますが、デフォルトではゼロであると想定されています。この速度は、観測者の視線内、つまり私たちに向かうまたは遠ざかる星の速度の成分である動径速度の概念に基づいて計算されます。

この情報は、宇宙での星の動きと、それらが太陽系や天の川全体とどのように関係しているかを完全に理解するために不可欠です。

したがって、銀河の中心に対する太陽の動きは、設定した座標で観察されます。

$vx0 = -11.1 \text{ \# km/秒}$
 $vy0 = 232.24 \text{ \# km/秒}$
 $vz0 = 7.25 \text{ \# km/秒}$

さて、私たちが観測した速度はどうなるのでしょうか？

それらは見かけの速度、つまり私たちの視点から見た速度ですが、私たちが太陽を見てきたように、したがって太陽系全体がそれに伴って運動するので、星の実際の速度は、私たちが測定しているものであるため、MRA MDECと動径速度で観察されるものではありません。太陽のように動く物体から彼、その太陽系。

実際の速度は、2つの速度ベクトルを合成した結果です。

あらゆる研究はこれを考慮して行われなければなりません。

星の実際の速度

「銀河速度」または「GSM 速度」は、天の川の中心に対する星の実際の速度を指します。それを計算するために、星自身の運動の速度 (MRA と MDEC) と銀河内の太陽の速度からベクトル合成が行われます。

銀河内の太陽の速度は、「太陽の銀河速度」または「太陽の特異速度」として知られています。この速度は、銀河の中心の周りを回る太陽の軌道によるもので、約 232.24 キロメートル/秒 (km/s) になることがあります。

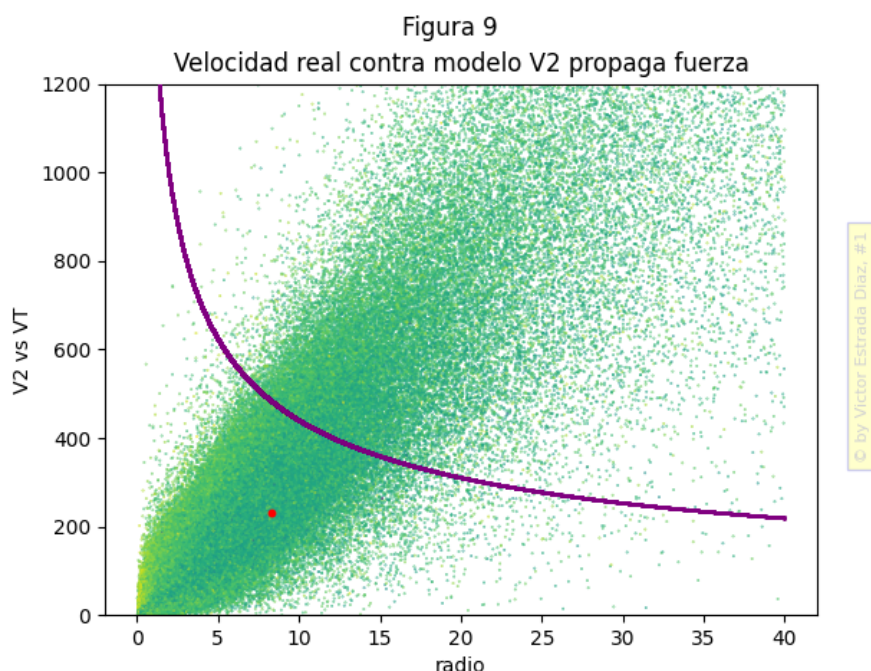
銀河の速度は、恒星自身の速度と太陽の固有速度を加算したベクトルによって計算されますが、この情報は、天の川銀河内の星の運動やダイナミクスを理解する上で、特に銀河規模で星の運動を研究する場合に不可欠です。

星の見かけの動き

これらは、クエリを通じて GAIA データベースを直接参照して取得した実際のデータであることに注意してください。言語 SQL。私はこの研究のためにデータをコンピューターに保存しました。私の作業のすべてのグラフにはマークが付けられています。

これらの値は見かけの速度、つまり GAIA 衛星が直接観測した速度であり、増加傾向が見られますが、太陽とともに移動する太陽系から測定されるため、実際の速度ではありません。銀河内の星の実際の速度を抽出するには、観測された速度と太陽の速度との間の合成が必要です。藤色の曲線は、ニュートンの法則を適用した場合に各星について計算される速度です。見かけの速度であるため、太陽自身の速度によって条件付けられます。

太陽が赤色でマークされていることに注意してください。



実際の速度

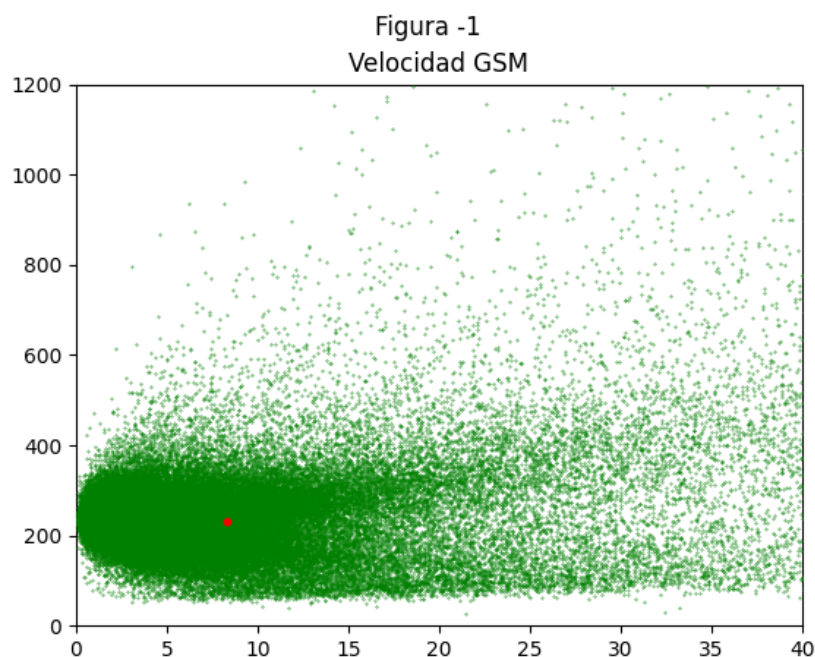
注: GSM という用語

- この作品では、頭字語 GSM を使用します。これは、「銀河標準の休息」(英語では銀河標準標準)を指します。
- この GSM システムにより、星の速度を研究することができます。GSM の意味は、観測した運動値を変換する必要があるということであり、これは、独自の速度を持つ運動系に関して運動値を測定していることを意味します。は、太陽系が銀河系内に固定された銀河座標系に固定するために備えているものです。

GSM としても知られるこのシステムは、太陽の実際の速度からのベクトル減算によって見かけの速度を変換することにより、星の実際の速度を決定します。

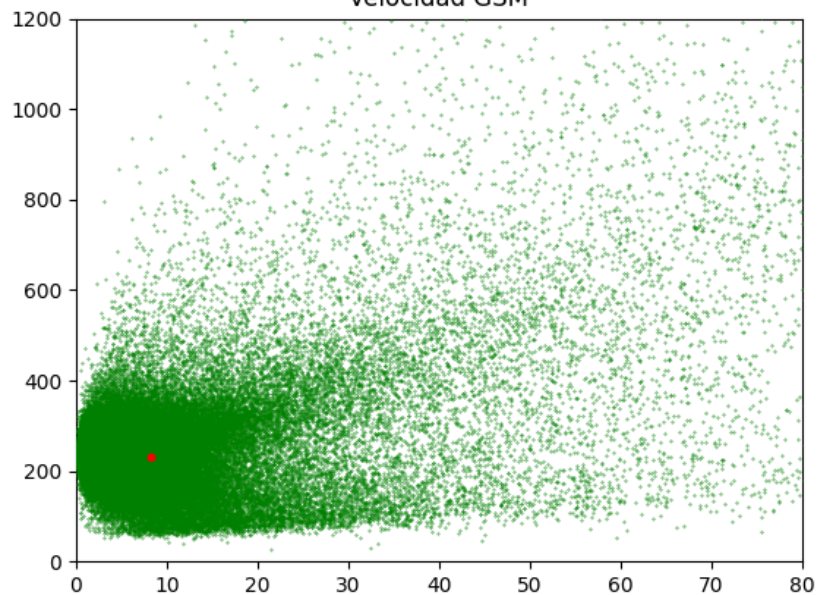
これらは、観察者としての私たち自身の速度の影響を受けないため、実際の速度であることに注意してください。

この単純な数学的変換により、理論的な速度モデルではなく実際の速度である、サンプルの実際の速度が完全に正確に表示されます。



この速度は銀河の中心から最大40キロパーセクです

Figura -1
Velocidad GSM

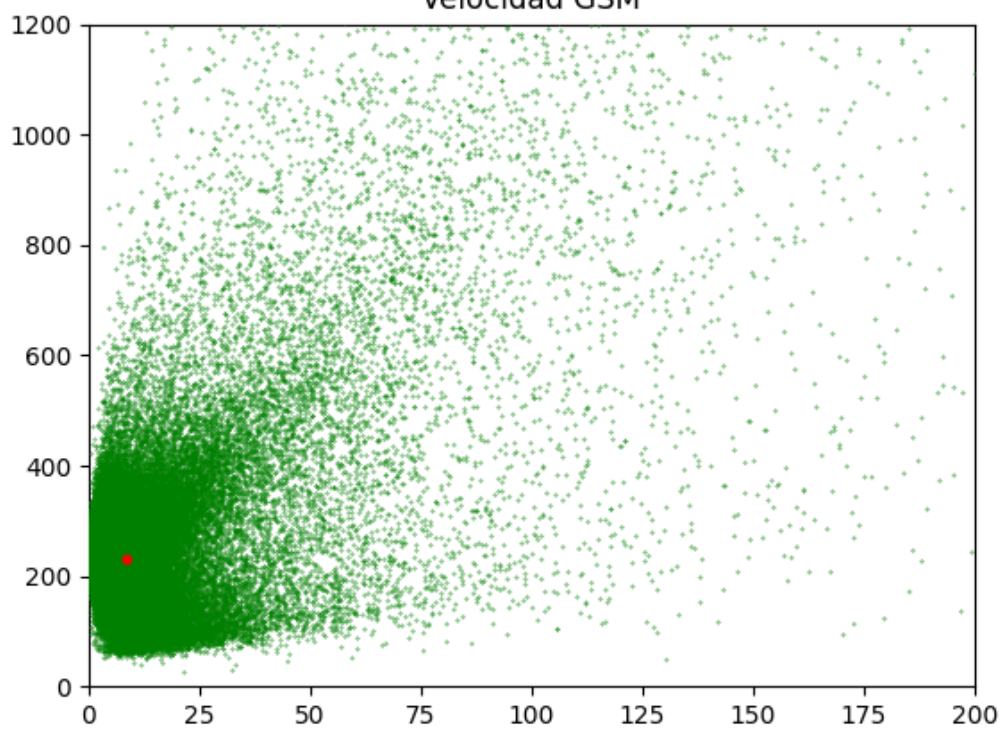


© by Victor Estrada Diaz, #1

ここでは銀河の中心から最大80キロパーセクまで速度が上がります。

ここでは銀河の中心から最大400キロパーセクの距離にあります。

Figura -1
Velocidad GSM



© by Victor Estrada Diaz, #1

さて、星の動きをどう解釈するか？

真空中では、一定の距離だけ離れた点のペアは、力を受けていない場合、または同等のこととして、その質量に比例した加速度を受けている場合、その距離を維持します。

物体は力を受けなければ真空中での速度や運動量を維持します。

自然界には 4 つの既知の力がありますが、天文学的な距離ではその中で最も弱い重力のみが重要です。

弱い力

強い力

電磁力

重力

星の動きや宇宙の物体の力学は主に物理法則、特にアインシュタインの相対性理論による重力の法則によって支配されます。星の動きを解釈する方法に関する重要な考慮事項をいくつか示します。

1. 万有引力の法則: 万有引力の法則は、質量を持つ物体は他の質量を持つ物体に重力を及ぼすというものです。この力は物体の質量と物体の間の距離によって決まります。星の文脈では、この法則は星が重力によってどのように相互作用するかを説明します。
2. 軌道運動: 恒星系 (連星系や惑星系など) 内の星は、重力の影響により、共通の質量中心の周りの軌道を移動します。この動きは、重力の影響下で物体が空間内でどのように移動するかを説明するケプラーの法則によって支配されます。
3. 外力: 星は、重力に加えて、星間ガスや塵、電磁放射、その他の要因によって及ぼされる力などの外力を受けることもあります。これらの力は、その動きと進化に影響を与える可能性があります。
4. 暗黒物質: ダークマターは、存在するとしても (まだ証明されていない)、光を発したり、電磁放射と直接相互作用したりすることはありませんが、重大な重力の影響を与える物質の仮説的な形態です。その存在は、観測された銀河の動きと宇宙における大規模な構造の形成を説明すると仮定されています。それでも 現在、この概念は一般化されており、その起源は、銀河内の星の動きの説明を見つけることでした。
5. ダークエネルギー: ダークエネルギーは、宇宙の膨張の加速を引き起こしていると考えられているもう一つの謎の成分です。だがしかし彼らは相互作用します 近距離での重力による影響は、宇宙規模で重要であると推測されており、その性質を理解するために研究が進められています。
6. の理論重力 修正された と弦理論: 標準模型を超えたいくつかの物理理論は、重力の法則の修正や宇宙規模での基本的な力の統一を提案しています。これらの理論は、暗黒物質や暗黒エネルギーに頼ることなく宇宙現象を説明できる可能性として探求されています。

7. 活発な研究: 天文学と理論物理学は、星の運動やその他の宇宙現象を積極的に研究し続けています。エキゾチックな粒子の探索、非常に大規模および小規模のスケールでの重力の理解、および新しい理論の探索は、科学研究の分野で常に進化しています。
8. ストリング理論: ひも理論は、素粒子が実際に私たちが知っている時空に加えて次元でひもを振動させていると考えることによって、基礎物理学を統一しようとする理論的枠組みです。この理論は非常に複雑で、まだ実験的に実証されていませんが、宇宙規模の重力に影響を与える可能性があります。

つまり、星の動きは主に重力の法則と天体観測によって解釈されます。しかし、暗黒物質や暗黒エネルギーなどの現象の存在は、宇宙の基本的な性質や星の運動への影響についてはまだ学ぶべきことがたくさんあることを示唆しています。これらの謎を解決し、宇宙についての理解を進めるには、継続的な研究が不可欠です。

これまで、星に速度や加速を与えるために星に作用することを正当化できる粒子を見つけることはできませんでした。そうならないように重力の力。

現在、宇宙の膨張、つまりニュートンやアインシュタインによる説明を超えて観察された星の速度を正当化しようとしている粒子には、「無菌ニュートリノ」と呼ばれる新しいタイプのニュートリノ、「アクシオン」と呼ばれる別の種類の粒子、さらには原始ブラックホールが含まれています。ビッグバン直後に結成。私たちがまだ理解していない新しい基本粒子の一種である暗黒物質に加えて、それは宇宙の 25% を占めることになります。3 番目のパラメータは宇宙定数で、観測されていると信じられている宇宙の加速膨張の根源にある神秘的な暗黒エネルギーです。これは、宇宙の物質とエネルギーの総予算の 70% に相当します。

ニュートンに従った運動 (Model_VN)

巨大な物体として、星は重力の法則に従うため、私たちはニュートンのおかげです。計算。

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$$

F 重力

M₁ 主星

M₂ 二次質量

R 距離

G ニュートン重力定数: $6.67430(15) \times 10^{-11} \text{ N} \times \text{メートル} \text{kg}^{-2}$

比較的不確実性があるため、 2.2×10^{-5}

Gを使用する場合、単位は対応する必要があります。計算、大衆は入っているはずですがキログラムとメートル単位の距離から、これらの力を計算します。ニュートン単位 星の質量をそれに相当するキログラムに変換する必要があります。

もう1つの考慮事項は、星の質量間の距離です。この距離は明らかにメートル単位で測定されません。

したがって、計算では測定可能な単位を尊重する必要があります。

したがって、私たちは各ユニットと一貫して作業する必要があります。

長さ ⇒ キロパーセク ⇒ 光年 ⇒ メートル

重さ ⇒ 太陽質量 ⇒ Kg

ニュートンの法則は、17世紀に惑星速度の計算に初めて使用されました。アイザック・ニュートンは、1687年に出版した著書『数学の哲学』（一般に「プリンキピア」として知られています）の中で、運動の3法則と万有引力の法則を定式化しました。これらの法則は、太陽系内の惑星やその他の天体の動きを理解し、計算するための強固な理論的基礎を提供しました。

ニュートンの万有引力の法則は、宇宙のすべての粒子が、それらの質量の積に正比例し、粒子間の距離の二乗に反比例する重力で他のすべての粒子を引き付けると述べています。この法則により、科学者は太陽に対する惑星の軌道と速度を計算できるようになりました。

ニュートンの法則を天文学に応用した最初の注目すべき成功の1つは、ニュートンの『プリンキピア』が出版される前の17世紀に惑星運動の法則を開発したヨハネス ケプラーの研究でした。ケプラーは次のような経験則を定式化しました。説明するこれらの法則は後にニュートンの法則と組み合わせられて、惑星の運動をより完全に理解できるようになりました。

つまり、ニュートンの法則は17世紀に初めて使用され、その後惑星の速度と軌道の計算に適用され、物理学と天文学の理解に革命をもたらしました。

ニュートンの法則に基づく予測と水星の軌道の実際の観測との矛盾は、天文学と物理学の歴史における大きな問題でした。水星の軌道の観測により、その軌道の歳差運動、つまり、太陽に最

も近い点(近日点)が、ニュートンの法則の予測よりも速く、時間の経過とともに徐々に進んでいくことが示されました。この矛盾はしばらく謎でした。

水星の軌道の矛盾は19世紀半ばに明らかになり、「水星の歳差運動異常」として知られる問題となった。この矛盾を解決するためにさまざまな説明や理論が提案されましたが、どれも完全に満足のいくものではありませんでした。

アインシュタインの場の方程式

これらの方程式は、時空の幾何学形状と宇宙の質量およびエネルギーの分布との関係を説明します。アインシュタインの場の方程式は次のとおりです。

$$G_{\text{注記}} = 8\pi G T_{\text{注記}}$$

どこ:

$G_{\text{注記}}$ アインシュタイン テンソル。時空の曲率を記述します。

$T_{\text{注記}}$ エネルギー運動量テンソル。時空における質量とエネルギーの分布を記述します。

G 重力定数。

ん これらは 0 から 3 まで変化するインデックスです。

それらは時空の 4 つの次元 (t, x, y, z) を表します。

彼計算 それは複雑で、銀河内の時空の構造が実際にどのようなものであるか、つまり大衆とそ
の中での位置との直接的な関係に依存します。

しかし、アインシュタインの主な考えは、物質が空間を湾曲させ、それが運動の原因であるという
ものであり、実際には何かが物質を引っ張っているわけではないしかし 動きを引き起こす曲率を
持つ空間そのものであるということ。

この方程式は、時空の幾何学形状 (左側、 $G_{\mu\nu}$) と質量とエネルギーの分布 (右側、 $T_{\mu\nu}$) の関
係を表します。

アインシュタインによる運動

問題の解決策は最終的に歳差運動の問題にの 水星の軌道は、1915 年に発表されたアルバー
トアインシュタインの一般相対性理論によって到着しました。一般相対性理論では、アインシュ
タインは次のような新しい重力理論を提案しました。交換する ニュートンの万有引力の法則。一般
相対性理論予測する ニュートンの法則とは異なる軌道の歳差運動、そして重要なことに、予測
マッチ の観察とともに軌道 水星の。

1915 年の日食中に、アインシュタインの予言を裏付ける観測が行われました。英国の天文学者
アーサー・エディントンは、日食中に太陽に近い星からの光の曲率を測定するために、アフリカの
プリンシペとソブラルへの遠征隊を率いました。これらの測定により、一般相対性理論によって予
測された光の偏りが確認されたため、別のサポート アインシュタインの新理論。

水星の軌道の異常は、最初の異常のうちの 1 つでした。成功 アインシュタインの一般相対性理
論の重要な観察であり、この理論がニュートンの法則と比較して重力のより正確な記述であるこ
とを示しました。

アルバート・アインシュタインの一般相対性理論では、重力に相当するものは時空の幾何学そのものです。この理論革命を起こした 惑星や恒星などの巨大な物体はその周囲で時空を湾曲させており、この湾曲こそが重力と惑星や宇宙の質量物体の運動の原因。

一般相対性理論とニュートンの万有引力の法則の主な違いは次のとおりです。次は:

1. ニュートンの万有引力の法則: この法則によれば、重力は 2 つの質量の間に瞬間的に作用する引力です。重力は、物体の質量と物体間の距離を含む方程式で表されます。この法則は、重力を距離での作用として説明します。
2. アインシュタインの一般相対性理論: アインシュタインは、離れた場所で作用する引力の代わりに、巨大な物体がその周囲で時空を湾曲させることを提案しました。移動する物体は、測地線と呼ばれる軌道に従います。これは、湾曲した時空内の直線です。巨大な物体の周囲の時空の湾曲により、他の物体がそれに向かって移動し、重力のような印象を与えます。この理論では、重力は時空の幾何学そのものの現れです。

主な本質的な違いは、重力がどのように概念化されるかにあります。ニュートンの理論では、重力は遠くで作用する瞬間的な力として解釈されますが、一般相対性理論では、重力は物体の運動を導く時空の幾何学として解釈されます。一般相対性理論は、大質量物体の近くや強い重力場などの極端な条件下ではニュートンの法則よりも正確であることが示されており、数多くの実験や観察によって確認されています。

全てこれはとてもそう 良い、でも私にはわからない太陽系の惑星の運動が銀河の星の速度や軌道と同じではない理由をなんとか説明できた。で順番にさらに遠く 私たちは矛盾を見つけました行くときは これから説明する銀河内の星の動きを分析する。。

アインシュタインの一般相対性理論は、さらに遠く 現在まで正確ではありますが、特に銀河内の星の動きに関するいくつかの天文観測を完全には説明していません。一般に、一般相対性理論は銀河の力学の完全なまたはおおよその説明を提供しない可能性があります。このような場合、暗黒物質の存在がこの矛盾の説明の可能性として仮定されています。

しかし、暗黒物質は、その計算を説明するために導入された媒体であることを明確にする必要があります。マッチ 観察あり、なし禁輸 それは仮説ですそれはまだ説得力のある説明がありません、そして私たちは推測ではなく証拠に基づいて科学を行う必要があります。。

暗黒物質は、現在の研究にもかかわらずまだ検出されておらず、電磁光を放出、吸収、反射しない物質の一種であるため、光学観察や他の種類の放射線によって直接検出することはできません。その存在は、銀河の星などの目に見える物質の速度と分布に対する重力の影響を通じて推測されています。

ダークマター仮説は、銀河の回転などの現象を説明するために生まれ、銀河の外側領域にある星は、目に見える銀河の質量に基づく重力法則に従って予想されるよりも高速で移動します。現在の科学の考え方は、私たちには見えない暗黒物質が追加の重力の影響を及ぼし、この速度で星を安定した軌道に維持しているというものです。

ダークマターは、銀河団などの宇宙の大規模構造の形成とダイナミクスを説明するためにも援用されています。まだ直接検出されていませんが、重力の影響によりその存在を示す観測証拠があると考えられています。

要約すると、アインシュタインの一般相対性理論は、多くの状況で重力を正確に説明していますが、銀河内の星の運動など、特定の大規模な天文現象を完全に説明することはできず、それが暗黒物質仮説の導入につながっています。これらの観察上の矛盾に対する潜在的な解決策として。暗黒物質の探索と研究は、天文学と物理学の活発な研究分野であり続けています。

でもそれはできませんまだ 暗黒物質が存在すると主張する

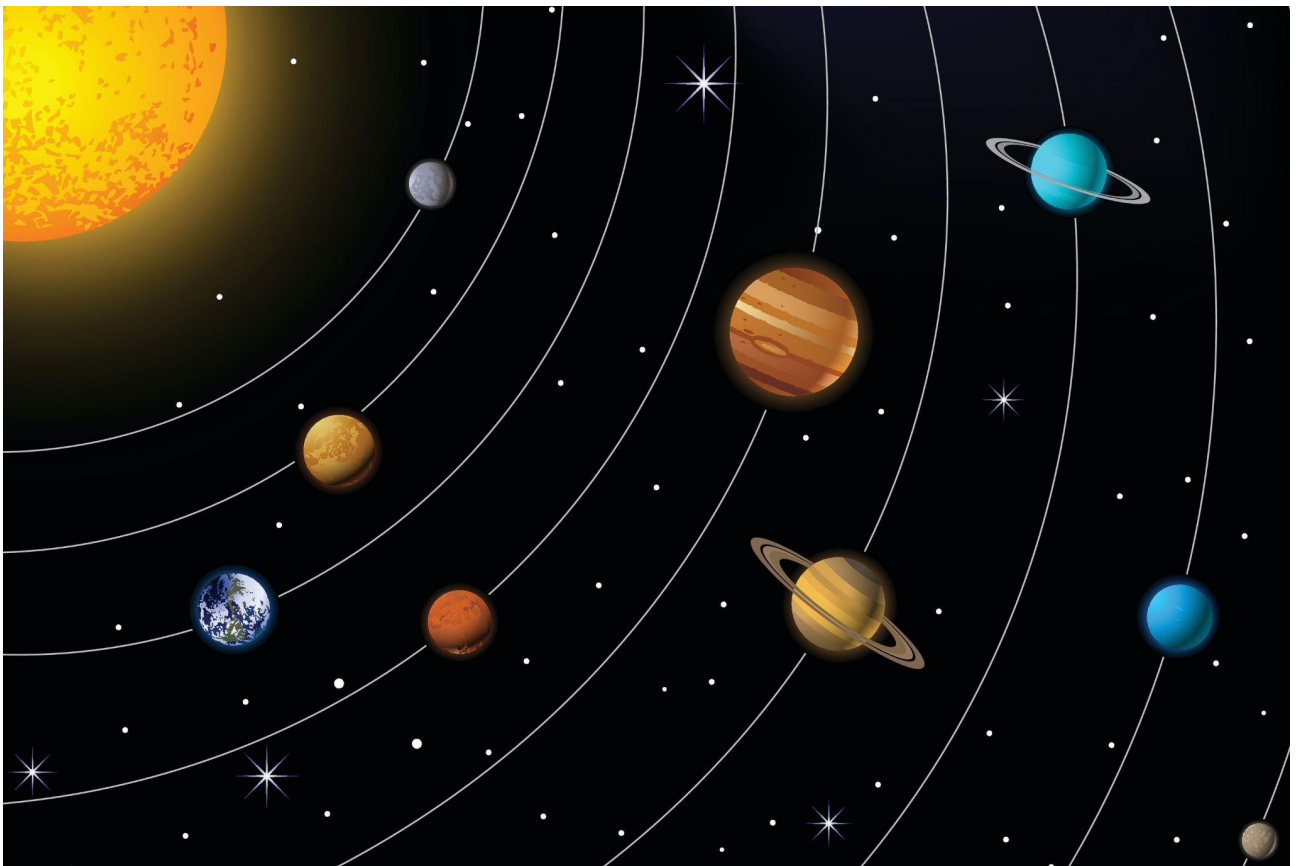
それでも 暗黒物質の存在は存在しない質問された 一般に、現在の科学のせいで、私はこの概念、つまり暗黒物質の概念が私の作品を汚染することを望んでいません。私の作品は、概念を導入する必要なしに銀河内の星の速度についての他の説明を示すものです。今日は単なる推測に過ぎない。

太陽系の惑星の実際の速度

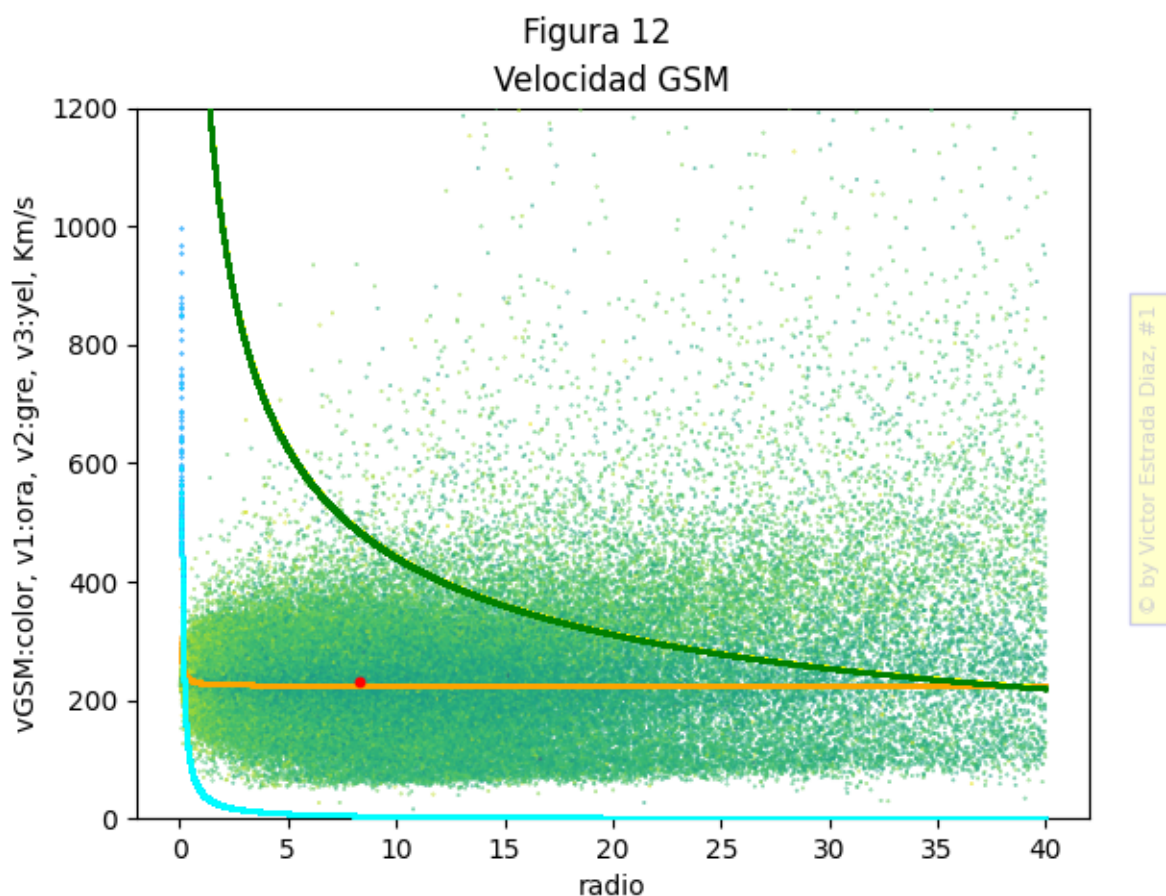
距離が離れると惑星の速度が減少することがわかります。観測された速度の計算では、データはニュートンとアインシュタインを適用した理論的結果と一致しますが、これだけが一致していません。最後 説明する軌道 私たちが言ったように、水星のものです。

惑星	平均速度 (km/s)	太陽までの距離 (AU)
水星	47.87	0.39
金星	35.02	0.72
地球	29.78	1.00
火星	8月24日	1.52
木星	7月13日	5.20
土星	9.68	9.58
天王星	6.80	19.22
ネプチューン	5.43	5月30日

これらの結果は、銀河内の星の速度によって異なりますが、まれな例外を除いて、銀河の中心から離れても速度は遅くなりません。



銀河内の星の速度



グラフでは、サンプルの星をオレンジ色で表示しています。さらに遠く 理論値と対比するための背景として、X 軸上で銀河の中心までの距離を重く、緑ほど重くありません。

それぞれの星について、その質量と銀河の質量中心からの距離に基づいて速度を計算しました。その結果は、実際に観測された速度に明らかに応答していない緑の曲線です。点群。

この結果を Model_V2 と呼びます

次に、サンプル内の各星にアインシュタインのノルムを適用することで空間の変形を考慮するとどのような結果が得られるか自問し、青い曲線を得ました。これもご覧のとおり、矛盾しています。Model_V3。

最後に、暗黒物質を含むアインシュタインによるモデルを適用し、その結果がオレンジ色の曲線 Model_V1 になりました。

太陽の速度とその速度は、アインシュタイン・ダークマターモデル Model_V1 を偶然通過する赤い点で表示されます。

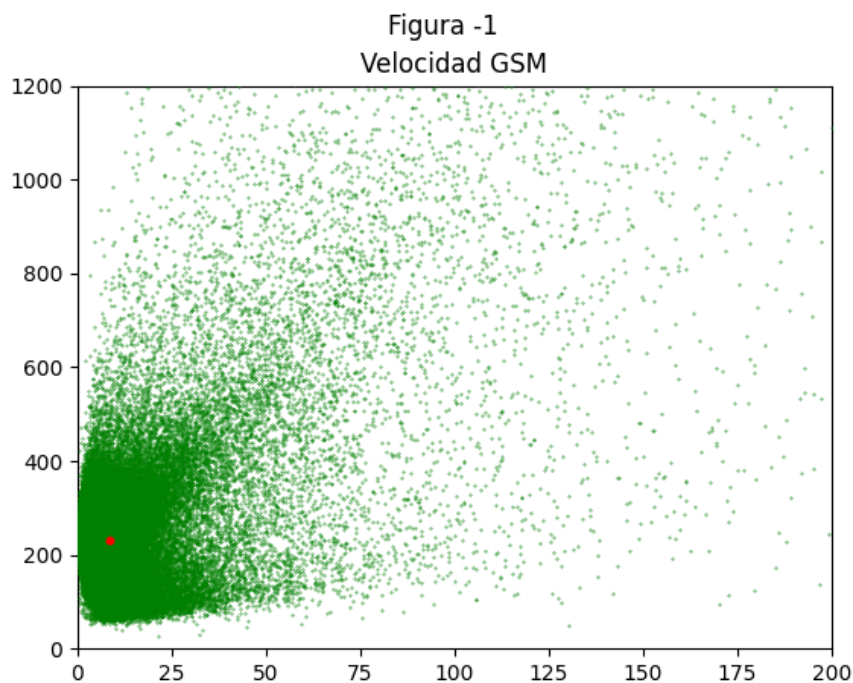
暗黒物質を除外する合理的な疑い

確かにこのモデルは、暗黒物質のこと。モデル_V1、それが最適であるように見えますが、それを拒否する強い議論があります。

暗黒物質の存在が反応する唯一の価値は、太陽の速度を正当化することと、おそらく速度の傾向を正当化することだけですが、星の速度が継続していることが明らかであるため、それさえも私たちには役に立ちません。増やすことと分散する 平さらに遠く 40歳から離れるとき銀河の中心のキロパーセク 次のグラフでわかるように。

中心から離れるにつれて分散が大きくなっていることがわかります。銀河系 そしてそれでも ニースいくつかの 230 km/秒を超える速度で特定の傾向を維持する恒星では、速度の分散が直線的に増加し、1200 km/秒を超える速度値に達します。

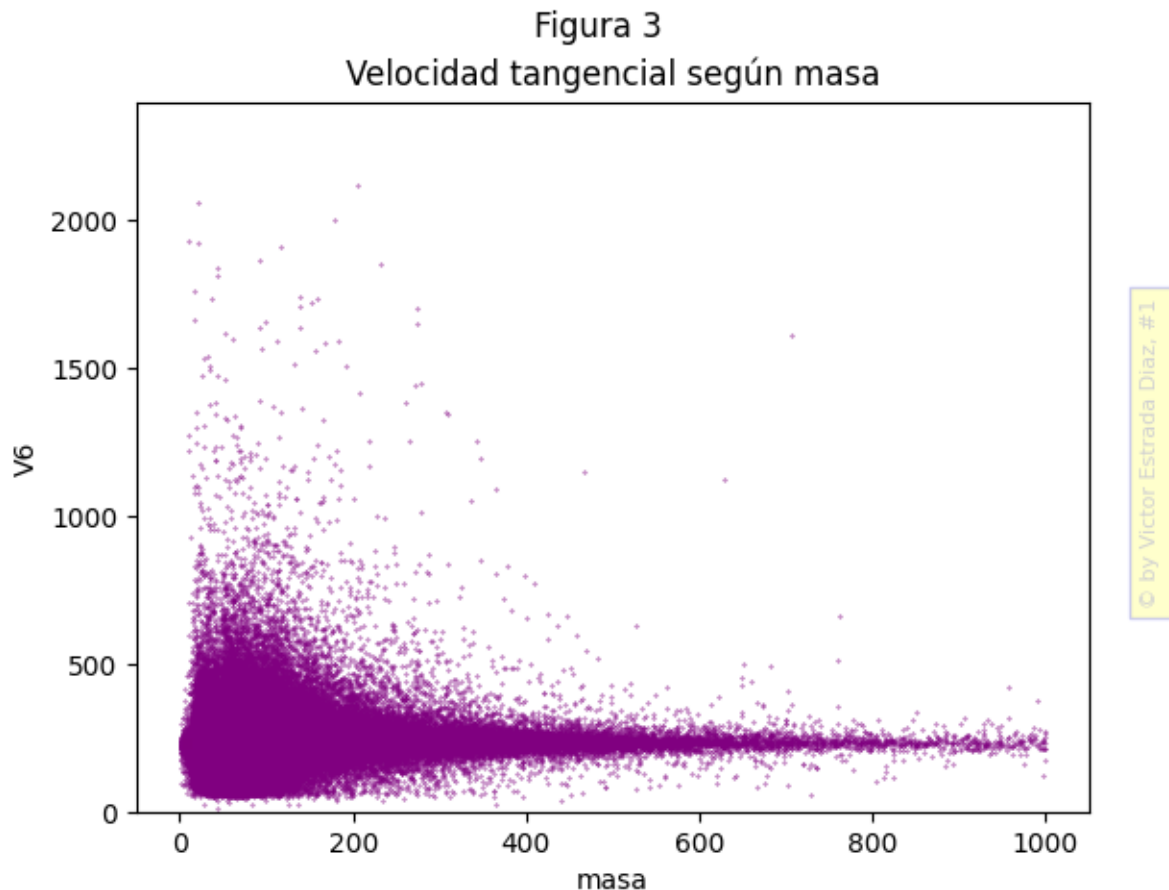
の違い ここで最大 400 キロパーセクまで見られるように、銀河の中心から遠ざかるほど、それはますます顕著になります。



星の速度に対する質量の影響

次のグラフは、星が持っていることがわかります。さらに遠く 質量があります、これらは速度がありますさらに遠く 安定していて予測可能である一方で、質量が大きいほど慣性がより安定していることを意味するため、理解可能です。

罪 ただし、星の中にある小さな質量、その速度は価値観に大きなばらつきをもたらします。プリントショップ これは、私たちが行う計算のために距離内の質量値を選択するために使用できます計算 さらに遠く 正確で小さな速度の塊を避けるさらに遠く 不安定で予測不可能 次の図は、これについてのアイデアを提供してくれます。これには、安定性 星の動きで..



モデルが失敗する理由

私の理解できる限り、アインシュタインの考えであっても、力は瞬時に伝達されると誰もが思っています。時空の歪みは静的ではありませんで 瞬時に伝わる モデルが提案または想定しているとおりです。

光の速度で伝わる伝播を考慮しないのは概念的な誤りであり、アインシュタインのモデルでさえそれを省略しています。

それは証明されています LIGO などのプロジェクトで実証されているように、時空の波紋は光の速度で伝播します。

つまり、現在のモデルでは空間の力や変形が考慮されていません。運ぶ 伝播速度が考慮されていないことを意味するため、決定時にエラーが発生します。理論的には速度と それは主題を導入することによって正当化されなければなりません考えられる説明をするには暗い、。

理論上の目的では、星は重力で結びついています、その有効性が距離の二乗に応じて減少するという事実とは別に、理論では考慮されていない別の効果が生じます。理論 現在のスプレッドです。

伝播により、切断 さらに遠く 重力を超えて、それは波やオリンピックのハンマーの効果のようなものです。それはです ランチャーにバインドされ、毎回解放されるさらに遠く 距離とともに。

個人的には関係ないと思います効果 暗黒物質の有無にかかわらず、銀河の星で観察されます。

グラフとしての銀河

モデルに大きな矛盾があることを考えると、この取り組みを奨励してきました、後最善の方法はサンプルをグラフとして扱うことで、各星の属性と計算を作成し、それをその環境に関連付けて、何が起きているかを理解することができ、実行を回避できます。再計算することが目的でない限り、不必要な重複計算。

環境を考慮する

すべての星やその近隣の星を含む星の環境を観察したり理解したりすることは、計算 記念碑的で私の手の届かないところにありますが、これはあるだろうアルゴリズムの順序でTMアイコン 手頃な価格ではありません。

しかし、別の方法で問題を提起することもできます。

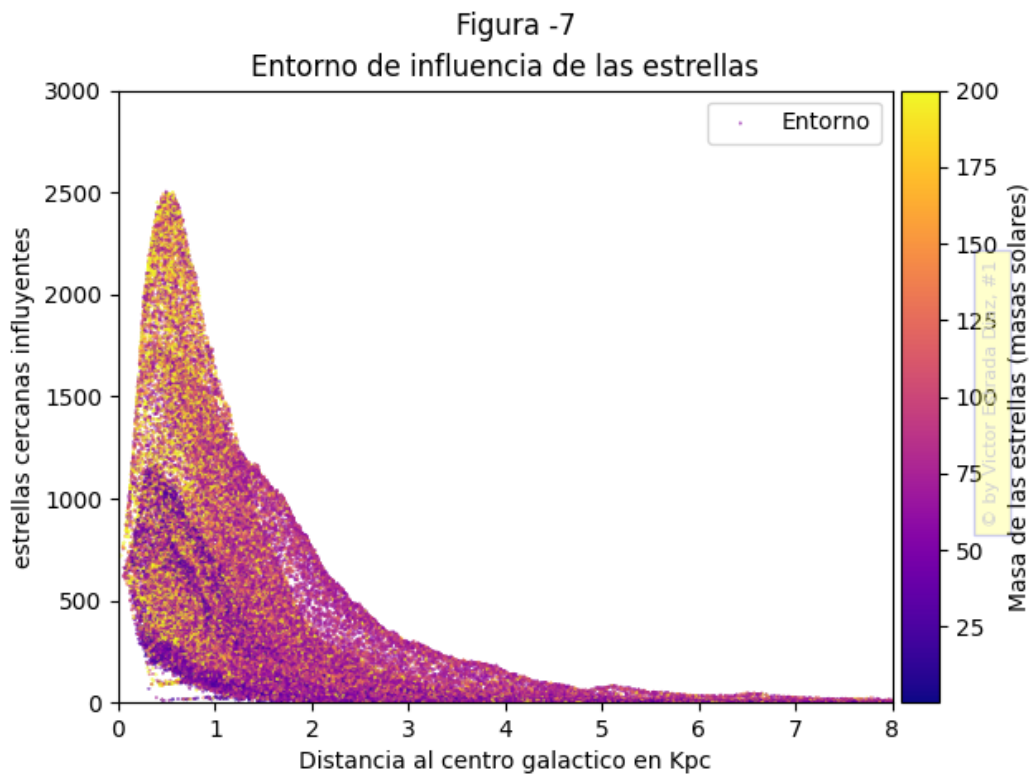
問題は考慮することですそれぞれに 星とその速度は環境が何であるかを考える番号 可能な限り最大の質量の星が、アトラクション 重力がわずかに影響を及ぼし始めます。

このトリックのおかげで、星ごとにできるようになりました 隣人がいる場合は探索してくださいさらに遠く その距離メートルのあそこここ最小限の影響。

次に、各星について次の値を取得できます。番号 重力で影響を与える星の数と、この基準を使用すると、特定の興味深いことが観察できるようになります。

- G世界的に見て、星の環境は、その星がすでに持っている速度では、その集団の速度に大きな影響を与えません。速度への影響 通常は次の結果ではありません私 星が非常に近くない限り、近い環境。
- 検出されたクラスター内の波として観測されます。によると 星が段階的に銀河の中心から遠ざかり、同様の時期に同様の質量のグループを形成したことを示唆する質量、これは、それぞれの波に共通の起源があることを示唆しています。

これは私が提案していることを視覚的に理解できます。:



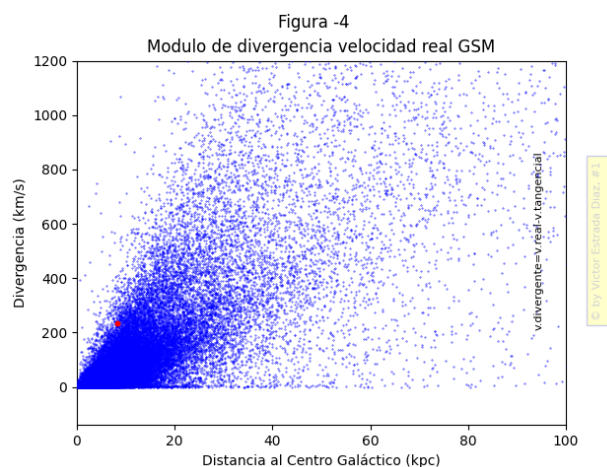
三次元空間でのリアルなスピード

次の図では、接線方向の速度ではなく、空間の 3 次元で速度を取得しました。それ 速度の成分は回転または別の方向に対応し、これらの測定値は v_t 接線速度と v_m モジュールの実効速度に要約されます。それで の違いを見てみるとモジュール 接線に対する速度銀河のスピンへ星がスピンから外れているかどうかを観察できます。それ 測定。

v_t と v_m はどちらも太陽の速度の影響を受けない測定値です (GSM システム)

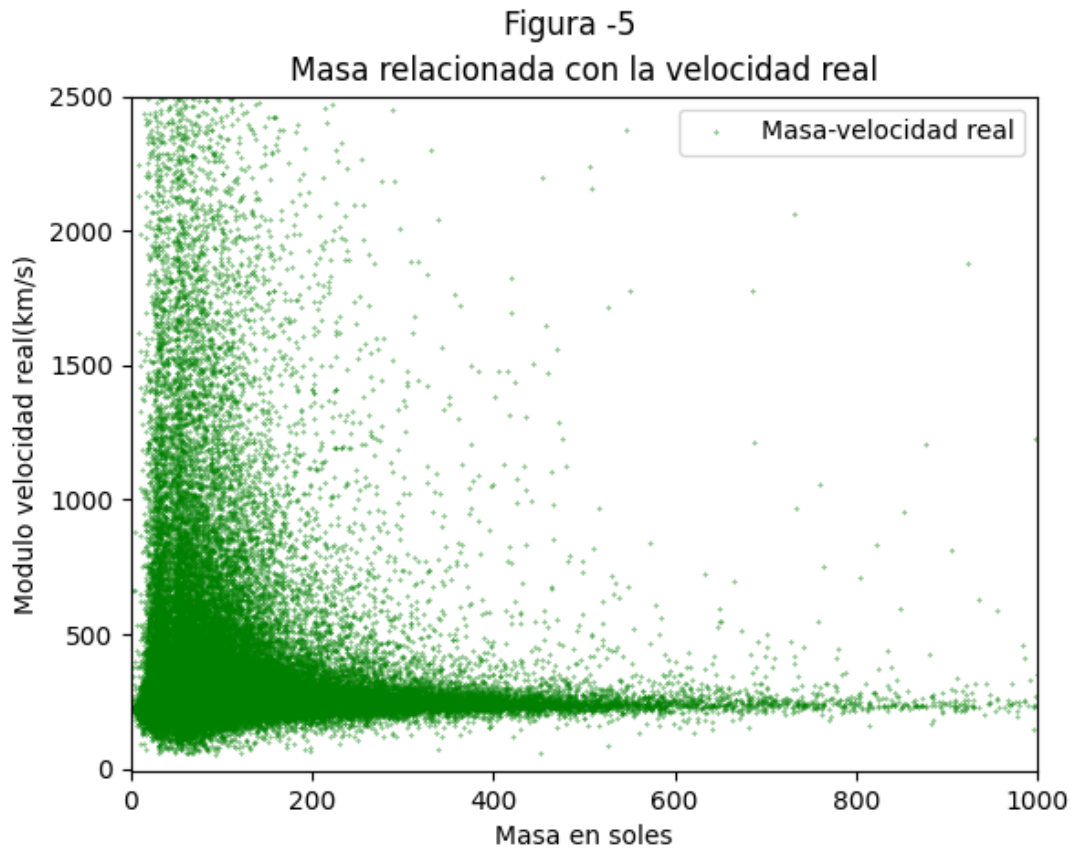
検討させていただきますモジュール 星の実際の速度 (v_m) としての 3 次元の速度の成分。

このグラフでは、実速度 (v_m) と接線速度 (v_t) の大きさの差がわかります。



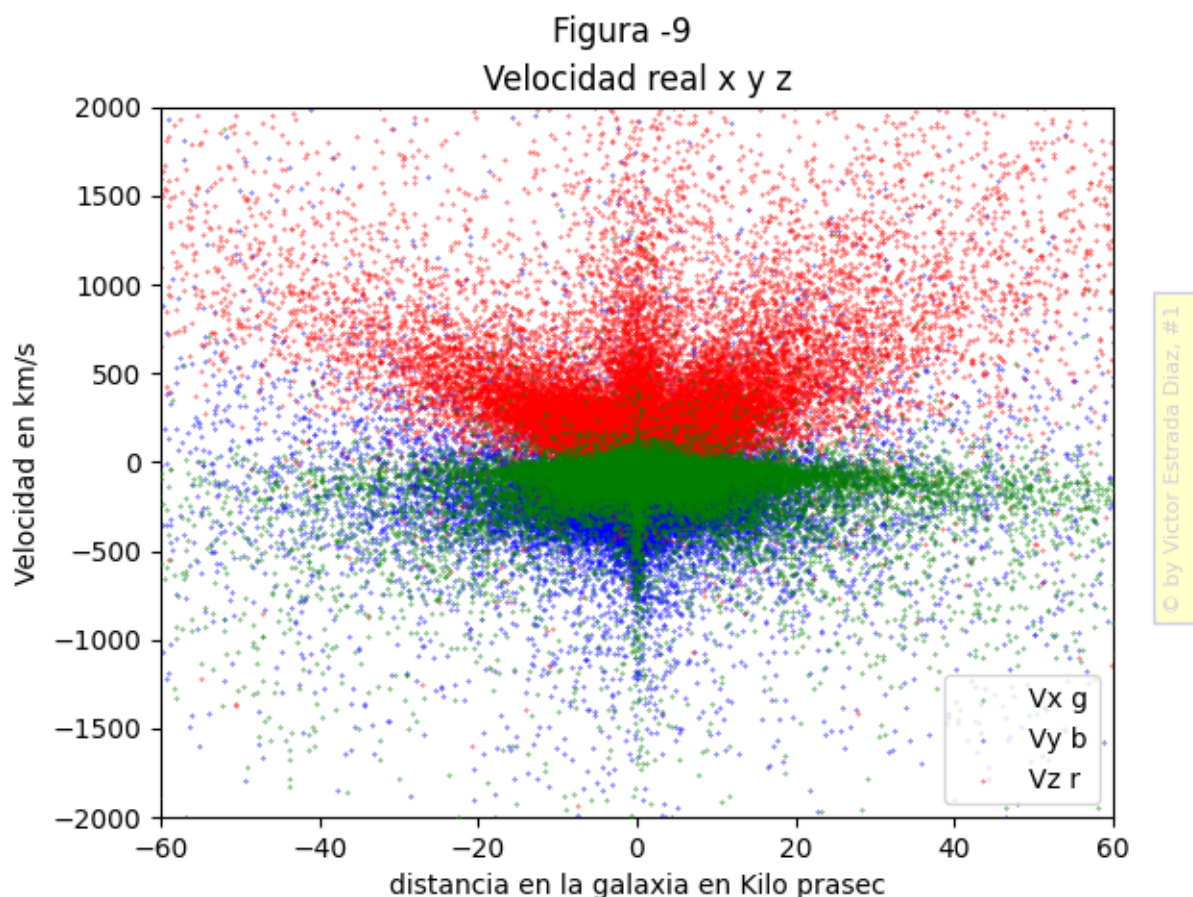
質量と実際の速度

次のグラフでは、次のことがわかります。この実際の速度 (v_m) に対する星の質量は、低質量の星に強く影響し、星が非常に高速に達するのに対し、さらに遠く巨大なものはスピードがほとんどなく、これはもつとです 安定しているため、これは間違いなく慣性モーメントに応答しますが、この依存の形は興味深いものです。



銀河の速度の非対称性

銀河面の星を見ると、北面で速度が大幅に増加することが観察されます。さらに遠く南の面よりも、まるで何かが星々を引っ張って速度を上げているかのようだ。



結論

優れたガイア計画によって提供された測定結果を考慮すると、銀河内の星の速度を説明する暗黒物質の存在に対する信念は正しくないという十分に根拠のある疑惑があります。適切ですか、それとも証明されていない推測ですか。

基本的な側面と 考えられる他の原因を見つける一方で、私たちは合理的な推測を提示することができますが、それは今日の暗黒物質のような推測にもなるでしょう。

提示するか発見する必要がある私たちの推測の検証。

少なくともこの確認が届かなかった場合と他にも検証可能な説明があり、それらは反駁または確認される必要があります。。

それを思い出しましょう暗黒物質の存在などの証明されていない推測は次のとおりです有効 他のもっともらしい推測と同様に。

しかし、私たちは仮説ではなく証明された事実に基づいて科学を行っています。推測は道を示してくれますが、それらは実際にあるものであり、事実はまだ確認されていません。

-これは一連の作品の最初のものです -