

暗黒物質直接探索のための放射線物性セミナー2025

月出 章

第2回の補遺

1.3 光吸収断面積と振動子強度

1.3.1. 誘電応答関数

1.3.2. 吸収係数と振動子強度 古典論

1.3.3. 吸収係数と振動子強度 量子論

2. 原子模型

2.1. 電子ガス

2.2. Thomas-Fermi 模型

質問は声でお願いします

2.2. Thomas-Fermi 模型 -4

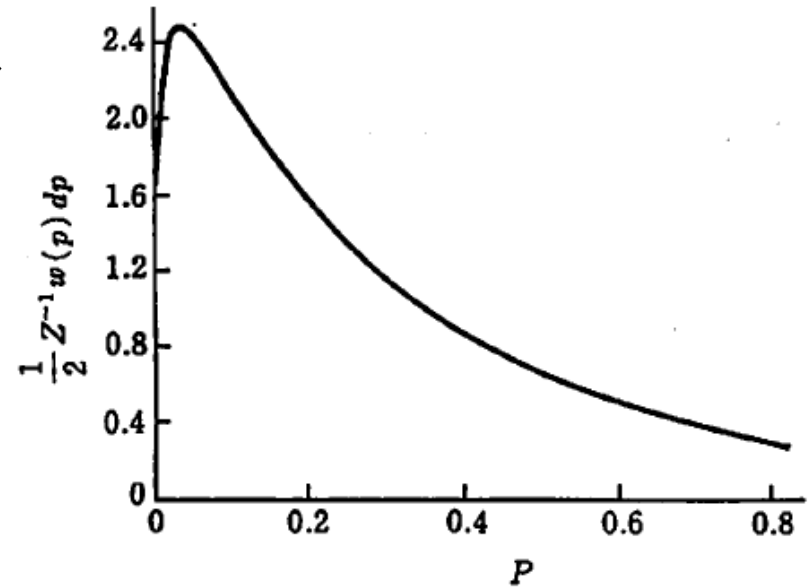
運動量分布

点 r にある電子の運動量エネルギーの平均値 $\langle T \rangle$ は、

p と $p+dp$ の間の運動量を持つ電子の数

$$\frac{4\pi p^2}{4\pi^3 \hbar^3} dp = \frac{p^2}{\pi^2 \hbar^3} dp \quad \text{より}$$

$$\begin{aligned} \langle T \rangle &= \int_0^{p_F} \frac{p^2}{2m_e} \cdot \frac{p^2}{\pi^2 \hbar^3} dp \\ &= \frac{3\hbar^2}{10m_e} (3\pi^2)^{2/3} (n(r))^{5/3} \end{aligned}$$



Thomas-Fermi 模型による運動量分布

運動量分布

運動量が p と $p+dp$ の間にある電子の数

$$w(p)dp = (4\pi/3)r_p^3 (p^2 / \pi^2 \hbar^3) dp = (4r_p^3 / 3\pi \hbar^3) p^2 dp$$

$$p^2 = 2m_e U(r_p) = 2m_e \frac{Ze^2}{r_p} \chi(r_p) = \frac{4m_e e^2 Z^{4/3} \chi(r_p)}{(3\pi/4)^{2/3} a_B x_p} = 2 \left(\frac{4}{3\pi} \right)^{1/3} Z^{2/3} p_B \left(\frac{\chi(x_p)}{x_p} \right)^{1/2}$$

$$w(p)dp = Zx_p^2 \chi(x_p) dP \quad \text{ここで} \quad P = \sqrt{\chi(x_p) / x_p}$$

χ の関数 すべての原子に共通

暗黒物質がなかったら？

IOP PUBLISHING

REPORTS ON PROGRESS IN PHYSICS

Rep. Prog. Phys. 73 (2010) 086901 (26pp)

doi:10.1088/0034-4885/73/8/086901

The dark matter of gravitational lensing

Richard Massey¹, Thomas Kitching¹ and Johan Richard²

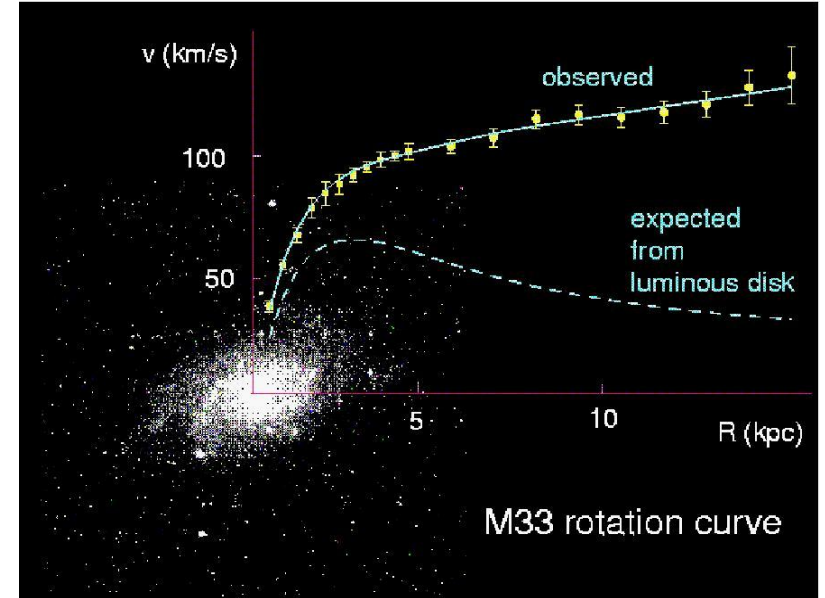
centre. Given the high velocities of their constituents, both galaxies and clusters of galaxies ought to pull themselves apart. Preserving these self-destructive systems requires gravitational glue in the form of invisible ‘dark matter’.

表現に注意

銀河がバラバラになってしまう？

$$\bar{T} = -\frac{1}{2}\bar{V}$$

もっとゆっくり回転している



Univ. Sheffield HP



E.L. Wright (UCLA)/COBE/DIRBE/NASA

暗黒物質の分布

半径方向の速度分布が示されていますが、
軸方向（Z方向）の速度分布は？

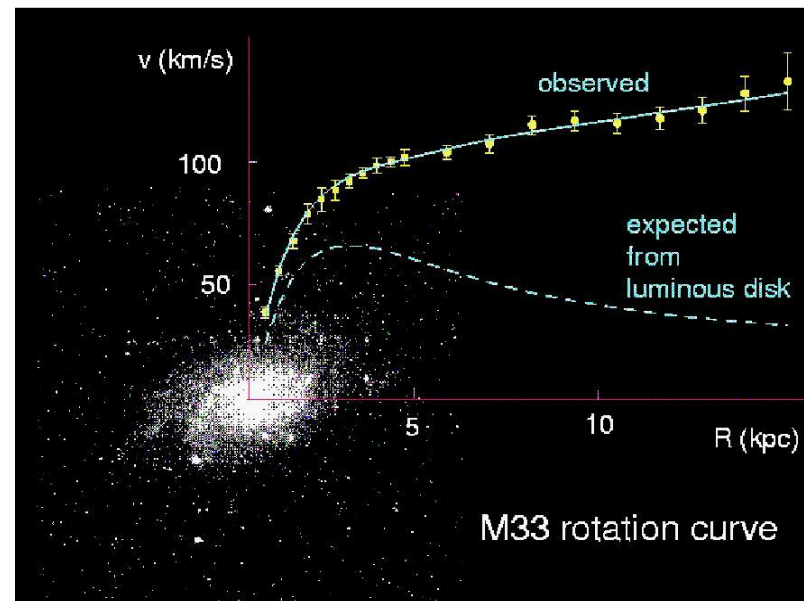
半径方向と同様ならば暗黒物質の分布は球状
速度分布は Maxwell分布と言われているが、

$$\bar{T} = -\frac{1}{2}\bar{V} \quad \text{は考慮されているか？}$$

球状星団中の星の運動は？



球状星団 NGC6093(M80)
Wikipedia



Univ. Sheffield HP

軸方向（Z方向）の速度分布が見える物質と
同様ならば、銀河と共に回転し、検出器媒体
の原子との衝突速度が著しく小さくなる。

銀河団・銀河

$$\frac{\text{暗黒物質}}{\text{物質}} \approx \frac{5}{1}$$

太陽圏

太陽系の惑星や彗星の運動からは暗黒物質は検出されない。

$$\frac{\text{暗黒物質}}{\text{物質}} \approx \frac{0}{1}$$

物質が濃縮。

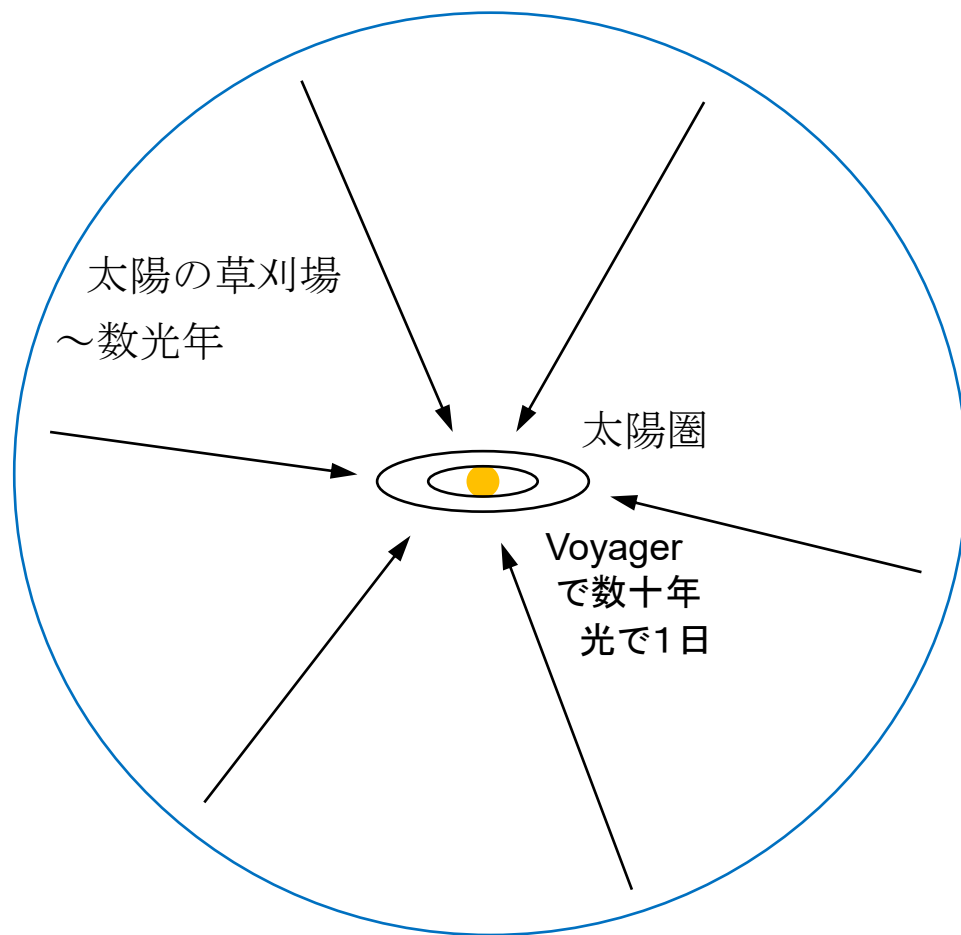
$$G \frac{Mm}{r}$$

G が決められる。

物質の分布は太陽系程度の大きさに圧縮されたが、暗黒物質の分布はあまり変わっていない。

暗黒物質 弾性衝突のみ

物質 非弾性衝突あり
光、分子



物質の濃縮

1日 × 365 × 1年 ~ 300

300³ ~ 10⁷ 倍