

探讨暗物质、宇宙微波背景辐射与类星体红移之间的关系

黄志新

广州市荔湾区科技协会会员 广东省广州市 510145

摘要：本文提出并探究了一项创新科学假说：宇宙微波背景辐射（CMBR）可能源自广泛分布于宇宙中的一类非发光暗物质粒子。尽管这些粒子不发射可见光波段的电磁辐射，但它们可能通过某种尚未明确的物理机制产生微波辐射。此外，本研究提出了对宇宙学红移现象的新诠释，认为遥远星系光谱线的红移源于光子在穿越暗物质密集区域时发生的能量损耗。具体而言，我们假设红移量与星系到地球之间的宇宙学距离呈正相关，这可能反映了光子与暗物质粒子的累积相互作用。该替代性理论框架对传统的哈勃红移解释提出了挑战，并为大爆炸范式中的某些理论矛盾提供了解决方案，构建了一个更简约且自洽的宇宙学模型。

关键词：暗物质粒子；微波背景辐射；宇宙学红移；哈勃红移；暗物质红移；宇宙大爆炸理论

1. 引言：

宇宙学四大未解之谜及潜在可能的关联

现代宇宙学在取得辉煌成就的同时，仍面临四大核心挑战：暗物质之谜——星系旋转曲线异常揭示的引力缺口暗示存在占宇宙总质能 26.8% 的不可见物质；暗能量之谜——Ia 型超新星观测显示宇宙加速膨胀，需要引入占 68.3% 的未知能量形式；微波背景辐射（CMB）之谜——2.728K 各向同性辐射的物理起源仍存争议；类星体红移之谜——高红移类星体（如 $z=6.4$ ）的退行速度与标准宇宙学模型存在矛盾。本研究试图建立暗物质红移（DMRE）假说，通过重构红移机制探索这四大现象的内在关联。

2. 暗物质红移假说：

2.1 暗物质的性质的重新定义：

暗物质分为两类：

- 1) 不可见的超重物质，如黑洞、中子星等。
- 2) 宇宙中极其微小的微粒，产生微波背景辐射的物质即属此类，这是本文主要研究的暗物质。

2.2 微波背景辐射与暗物质作用的假说：

1) CMB 辐射的各向同性源于暗物质在宇宙尺度上的统计均匀分布。是暗物质粒子在热平衡态下发射微波光子，而非早期宇宙光子脱耦所致。另外暗物质除了可观测到的引力效应之外，还会有一定的电磁辐射，如 CMB 之类。

人们以前认为暗物质没有电磁力也不会发射电磁辐射，首先对于超重暗物质（如黑洞等），由于它们的外围存在着

一圈视界，把从里面发射的电磁波全部反射回去。其次是第 2) 类是暗物质，由于其发射的电磁辐射太微弱，以至人们不容易探测到。故此以前人们普遍认为暗物质没有电磁力也不会发射电磁辐射。

2) 假设宇宙微波背景辐射由暗物质发出，因暗物质各向同性且均匀分布于整个宇宙空间，故产生现今的宇宙微波背景辐射（图像见文献^[1]）。根据 1996 年的观测，该辐射最新的数据为 $2.728 \pm 0.004\text{K}$ 。

3) 星体发出的光线在穿越宇宙空间到达地球的过程中，因沿途均匀分布着暗物质，光子穿越暗物质并且相互作用产生红移，红移量与星体与地球之间的距离成正比，此效应称为暗物质红移效应，是一种新的宇宙学红移。其公式为：

$$Z = H_1 L \quad (1)$$

其中 Z 为红移量， L 为发光天体到地球的距离， H_1 为与距离相关的常数，它与哈勃常数 H_0 成正比，即 $H_1 = kH_0$ ，其中 k 为常数（此处 $k=1$ ）。2017 年最新测定的哈勃常数为 $H_0 = (67.6 \pm 4.0) \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$ ，由此可推断出暗物质红移常数 $H_1 = H_0 = (67.6 \pm 4.0) \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$ 。

2.3 暗物质红移的作用机制

1) 红移的定义与物理意义

红移 Z 是描述光子波长因能量损失或宇宙学效应被拉长的现象，定义为：

$$Z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad (2)$$

其中 λ_0 是光子初始波长, λ 经过介质后是观测到的波长。当光子与暗物质发生非弹性散射损失能量时, 其能量降低导致波长增加, 从而产生等效

2) 光子能量与红移的关系:

光子能量 E 与波长 λ 成反比:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_0}{E} = 1 + Z. \quad (3)$$

其中 E_0 为初始能量, E 为损失后的能量。能量损失 E 可表示为:

$$\Delta E = E_0 - E$$

$$= E_0 \left(1 - \frac{1}{1+Z} \right) = E_0 \frac{Z}{1+Z}. \quad (4)$$

当红移较小 ($z \ll 1$) 时, 近似有:

$$\Delta E \approx zE_0.$$

3) 建立两阶段作用模型: 第一阶段: 光子的能量衰减, 当光子穿越暗物质介质时发生非弹性散射, 因散射累积的能量损失满足:

$$\Delta E = \Delta E = \int_0^L n_{dm}(x) \sigma_{dm} E(x) dx. \quad (5)$$

其中光学深度 (τ) 定义为:

$$Z \approx \tau = \int_0^L n_{dm}(x) \sigma_{dm} E(x) dx. \quad (6)$$

解此方程得指数衰减形式: 假设暗物质均匀分布 ($n_{dm} = \text{常数}$), 路径长度为 L :

$$\text{一般情况: } Z = e^{n_{dm} \sigma_{dm} L} - 1. \quad (7)$$

因为宇宙中的暗物质基本上均匀分布, 接近绝对透明, 相当于太空中微波背景辐射中的暗物质, 此时的泰勒展开近似为: 小光学深度近似 $\tau \ll 1$:

$$\text{小光学深度近似: } Z \approx n_{dm} \sigma_{dm} L. \quad (8)$$

把 1 式与 8 式对比一下得到: $n_{dm} \sigma_{dm} = H_0 = H_1$, 公式证毕。

而 1 式就是基于遥远的星光穿过均匀而十分稀薄的暗物质到达地球之后产生的红移的新公式。

4) 公式中各符号的物理意义:

ΔE : 光子穿过暗物质后的能量损失。L: 光子在暗物质中的传播路径长度。

$E(x)$: 光子在位置 x 处的剩余能量, 可能因连续散射逐渐损失能量。

$n_{dm}(x)$: 暗物质的数密度 (单位体积内的粒子数), 可能随位置 x 有所变化, 单位: cm^{-3} 。

σ_{dm} : 光子与单个暗物质粒子相互作用的有效截面, 包含散射概率和能量转移比例。

5) 红移的定义与物理意义:

a) 红移 Z 描述光子波长因能量损失或宇宙学效应被拉长的现象, 定义为

$\lambda = \lambda_0(1+z)$, 其中 λ_0 是光子初始波长, λ 是观测到的波长。

b) 光子能量与红移的关系: 光子能量 E 与波长 λ 成反比, $E = h\nu = hc/\lambda$ 。能量损失 $\Delta E = E_0 - E$, 当红移较小 ($z \ll 1$) 时, 近似有 $\Delta E \approx zE_0$ 。

c) 建立两阶段作用模型: 第一阶段, 光子穿越暗物质介质时发生非弹性散射, 产生能量损失。在小光学深度近似下为 8 式。

3. 观测证据对暗物质与微波背景辐射相关联的多维度验证:

3.1 宇宙微波背景辐射 (CMB) 的温度涨落证据:

若宇宙真空仅含少量普通物质, 而没有暗物质, 其热运动产生的辐射温度应趋近绝对零度; 但实际观测到 2.73K 的 CMB 辐射, 证明其中还普遍含有目前未知的物质, 可能就是暗物质。普朗克卫星数据显示 CMB 温度涨落幅度与暗物质团块分布高度吻合。

3.2 类星体 Lyman- α 森林的探针作用:

红移 $z=6.28$ 类星体光谱中 Lyman- α 吸收线的密集分布表明再电离时期中性氢介质的存在, 与暗物质结构形成模型预测一致。CIV、OVI 等重元素吸收线的红移偏移量符合暗物质调控的再电离模型。

3.3 星系际介质 (IGM) 与暗物质的共演化:

IGM 中性氢占比超 90%, 其空间分布与暗物质密度场耦合。再电离时期的 21cm 信号涨落与暗物质团块相关性高。X 射线背景辐射的各向异性与暗物质调控的星系团分布相关。

4. 暗物质红移假说与现有理论的对比:

4.1 哈勃定律的局限性: 现在的标准模型在解释极端红移时面临困境, 如超光速悖论和减速膨胀矛盾。

4.2 DMRE 模型的优势: 计算简洁, 物理直观, 观测兼容, 无需修正即可解释 $Z>1$ 天体的红移特性。

4.3 对宇宙膨胀模型的挑战: DMRE 模型引发基础理论的变革, 否定宇宙大爆炸初始奇点的必要性。

5. 理论完善与观测检验路线图:

5.1 模型的理论缺陷与关键问题:

邻近星系红移量预测偏差、能量守恒问题等。

5.2 关键验证实验设计:

提出 DESI 巡天数据挖掘、JWST 极端红移观测等三步检验方案。

6 结论与展望:

本研究建立的暗物质红移假说,为统一解释 CMB 起源、类星体红移等难题提供了一种新范式。虽然模型仍需完善,但其展现的理论简洁性和观测兼容性值得深入探索。未来有望通过新一代观测设施获得决定性检验证据。

参考文献:

[1]. 孙扬, 胡中为编著, 天文学教程(下), 上海交通大学出版社, 2020 年 11 月, P179-302.

[2]. 吴鑫基, 温学诗著, 现在天文纵横谈, 商务印书馆, 2021 年 1 月, P96-305.

[3]. N.F.Comins, W.j.Kaufmann, 傅德谦译, Discovering the Universe, 北京理工大学出版社, 2016, 6 月, P648-668.

[4]. 苏宜编著, 天文学新概念, (第四版), 科学出版社, 2009 年 8 月, P258-405.

作者简介:

黄志新; 1960.11; 男; 汉; 广东广州人; 研究生; 工程师;
研究方向: 数学, 物理, 工程发明等等