

# 光线弯曲的同频互扰解释

## ——碰撞星系团中不存在“引力透镜”推演出的暗物质

陈军利

西北工业大学电子信息学院, 陕西 西安

收稿日期: 2024年6月22日; 录用日期: 2024年7月22日; 发布日期: 2024年7月31日

### 摘要

本文通过对光子与引力子的作用分析, 提出了光子-光子散射(碰撞)和光线同频互扰可以弯曲光线的新解释, 说明光线从大质量发光星球旁边经过时, 其光线弯曲程度与星球发光亮度成正比, 与该光线距离星球中心的距离平方成反比。本文分析了星系碰撞中的暗物质形成过程, 认为星系碰撞中的暗物质应该是由“引力透镜”对星球(亮度)弯曲光线的弯曲程度计算不足形成的, 星系碰撞中不存在暗物质。

### 关键词

暗物质, 引力透镜, 光子-光子散射, 同频互扰

# Explanation of Same-Frequency Mutual Interference of Light Bending

## —There Is No Dark Matter in Colliding Galaxy Clusters as Deduced by “Gravitational Lensing”

Junli Chen

School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi

Received: Jun. 22<sup>nd</sup>, 2024; accepted: Jul. 22<sup>nd</sup>, 2024; published: Jul. 31<sup>st</sup>, 2024

### Abstract

This paper analyzes the interaction between photons and gravitons and proposes a new explanation for the bending of light by photon-photon scattering (collision) and co-frequency interference of light, indicating that when light passes by a massive luminous planet, the degree of its bending is proportional to the brightness of the planet and inversely proportional to the square of the

distance of the light from the center of the planet. This paper analyzes the formation process of dark matter in galaxy collisions and believes that dark matter in galaxy collisions should be formed by the under calculation of the degree of bending of light by the planet (brightness) by the "gravitational lens", and there is no dark matter in galaxy collisions.

## Keywords

Dark Matter, Gravitational Lensing, Photon-Photon Scattering, Same-Frequency Mutual Interference

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近几十年,特别是1980年以后大量天文学观测中发现了许多违反牛顿引力的现象,这种现象可以在假设暗物质[1]存在的前提下得到很好的解释,所以主流观点认为存在暗物质。暗物质观测证据主要分为四类:1) 星系旋转曲线与弥散速度分布;2) 星系团观测;3) 宇宙微波背景辐射的观测;4) 宇宙大尺度结构的形成。

暗物质属性如下:1) 暗物质参与引力相互作用,所以应该是有质量的。2) 由于在宇宙结构形成的不同阶段都存在暗物质的证据,暗物质应该在时间尺度上是稳定的。3) 暗物质与光子的相互作用必须非常弱,以至于暗物质基本不发光;暗物质也基本不参与强相互作用,否则原初核合成的过程将会受到扰动,轻元素丰度将发生改变。4) 通过计算机模拟宇宙大尺度结构形成得知,暗物质的运动速度应该远低于光速。

综合这些基本属性可以得出结论:暗物质粒子不属于我们已知的任何一种基本粒子。暗物质候选者为弱相互作用有质量粒子(WIMP),它应该是电中性和色中性的,因此不直接参与电磁和强相互作用。中微子也不参与强相互作用和电磁相互作用,但由于其在宇宙中以接近光速运动,不足以作为构成暗物质的主要成分。已有理论预言的 WIMP 包括:超对称模型中最轻的超对称伴侣粒子,如超中性子;额外维理论中的最小 Kaluza-Klein 激发态粒子; Little Higgs 模型中的 T-odd 粒子;另一个暗物质候选者是轴子,它是一种非常轻的中性粒子,它与强相互作用中电荷共轭-宇称反演联合对称性破缺相联系,轴子间通过极微小的力相互作用,由此它无法与背景辐射处于热平衡状态,因此不会通过热退耦获得剩余丰度,但可以通过真空态的破缺成为冷暗物质。虽然人们已经对暗物质作了许多天文观测,但其组成成分至今仍未完全了解。早期关注的大质量致密天体,多年来的天文观测也无法找到足够量的 MACHOs。一般认为,难以探测的重子物质(如 MACHOs 以及一些气体)确实贡献了部分的暗物质效应,但有证据指出这类的物质只占了其中一小部分。而其余的部分称作“非重子暗物质”。此外,星系转速曲线、引力透镜、宇宙结构形成、重子在星系团中的比例以及星系团丰度等观测数据也指出宇宙中 85%~90%的质量不参与电磁作用。这类“非重子暗物质”一般猜测是由一种或多种不同于常规物质(电子、质子、中子、中微子等)的基本粒子所构成。

即使暗物质粒子与常规物质仅有微弱的相互作用,暗物质粒子也有可能被精密的实验仪器探测到。科学家采用的探测手段可以分为三类:1) 直接探测:探测暗物质粒子直接与探测器中的物质发生相互作用,如果暗物质是由微观粒子构成的,那么每时每刻都应该有大量的暗物质粒子穿过地球。如果其中一

个粒子撞击了探测器物质中的原子核，那么探测器就能检测到原子核能量的变化并通过分析撞击的性质了解暗物质属性。然而，对于弱相互作用有质量粒子(WIMPs)来说，由于它们与普通物质之间的相互作用极其微弱，被探测器捕捉到的概率十分微弱。为了最大限度地屏蔽其他种类宇宙射线的干扰，暗物质直接探测实验往往在地下深处进行。全世界有数十个暗物质地下探测实验在进行中。尚未有直接探测实验发现暗物质粒子存在的确凿证据。2) 间接探测：寻找宇宙中暗物质自身衰变或湮灭产生普通物质的信号。既然在银河系中存在着大量的暗物质粒子，那么应该可以探测到它们湮灭或衰变所产生的常规基本粒子，间接探测就是在天文观测中寻找这种湮灭或衰变信号，包括宇宙线中的高能伽马射线、正负电子、正反质子、中子、中微子以及各种宇宙线核子。采取间接探测手段的实验可以是利用卫星或空间站搭载的空间探测器直接收集宇宙线粒子，或者是在地面观测高能宇宙线粒子进入地球大气时产生的簇射或切伦科夫光效应。通过分析宇宙线中各种粒子的数量和能谱，可以提取出宇宙中暗物质衰变或湮灭的信息。暗物质间接探测的难度在于宇宙中有众多并非由暗物质产生的高能射线源，并且宇宙线从产生到抵达地球附近要经历一个复杂的传播过程。当前对宇宙线的产生与传播过程的理解尚不全面，这给在宇宙线中寻找暗物质信号带来了挑战。全世界有多家暗物质空间探测实验在进行中。3) 对撞机探测。在粒子对撞实验中，可能会有尚未被发现的粒子包括暗物质粒子被产生出来。如果对撞产生了暗物质粒子，由于其难以被探测器直接检测到，会导致被探测器检测到的对撞产物粒子的总能量和动量出现丢失的现象。这是产生了不可见粒子的一个特征。再结合直接或间接的探测手段，可以帮助确定对撞机中产生的粒子是否为暗物质粒子。

多年来，由于通过各种观测尚未出现暗物质存在的直接探测证据，也有一些理论试图在不引入暗物质的情况下解释已有的天文观测现象。典型的一类理论是修正的牛顿引力理论，这类理论主张牛顿或爱因斯坦的引力理论并不完备，引力在不同的尺度会有不一样的行为。然而，修正引力理论难以解释“子弹星团”事例中观测到的正在碰撞的星团中可见物质和其质量中心的明显分离的事实。

本文认为，对于不同情况下的暗物质，会有不同的形成原因，并非可以用一种原因解释所有现象。对于“子弹星团”碰撞中推演的暗物质和质心分离的问题，不能用星系旋转曲线中的修正牛顿引力理论解释，而是“引力透镜”对星球(亮度)弯曲光线的弯曲程度计算不足形成的。下面我们仅对星系团观测中的暗物质加以具体分析。

星系团的质量分布主要可以通过三种不同的手段得出：a) 观测星系团中星系的运动，通过引力理论计算得到。b) 观测星系团产生的 X-射线。星系团中普遍存在能发射出 X-射线的炽热气体，当气体在星系团引力场中达到流体力学平衡后，可通过其温度推测出星系团的质量分布。c) “引力透镜”效应。1916年爱因斯坦发表了广义相对论[2]，这一理论首次把引力场等效成时空的弯曲，广义相对论认为引力是由空间-时间弯曲的几何效应的畸变引起的，物质质量的存在会造成时空的弯曲，在弯曲的时空中，物体仍然顺着最短距离(测地线)进行运动。同年爱因斯坦根据完整的广义相对论对光线在引力场中的弯曲重新作了计算。计算的光线的偏角为：1.74"。1919年日全食期间，由爱丁顿等人率领的两支观测队分赴西非几内亚湾的普林西比岛和巴西的索布腊儿尔两地观测。经过比较，两地的观测结果分别为 1.61"和 1.98"。这个偏角与广义相对论的预期基本相符。“引力透镜”[3]效应是光线在引力场中的弯曲的扩展，图 1 是其示意图。由于时空在大质量天体附近会发生畸变，使得光线经过大质量天体附近时发生弯曲。如果在观测者到光源的直线上有一个大质量的天体，则观测者会看到由于光线弯曲而形成的一个或多个像，这种现象就形成“引力透镜”现象。受系统结构、尺寸和质量分布的影响，成像可以是多个，甚至可以形成爱因斯坦环，或者圆环的一部分弧。产生“引力透镜”效应的中间天体为前置天体。在天文观测中，观察更远方背景星系发出的光被位于前景位置的物质引力场弯曲造成星系图像的扭曲失真，并对这种扭曲情况的仔细分析，天文学家可以反演出造成这种扭曲的前置物质在星系群中的物质分布位置图。星系

团的观测中，综合以上三种方法观测结果，可以推测出星系团中物质的总质量，结果一致表明：星系团的总质量远远超出其中可见物质的总质量。

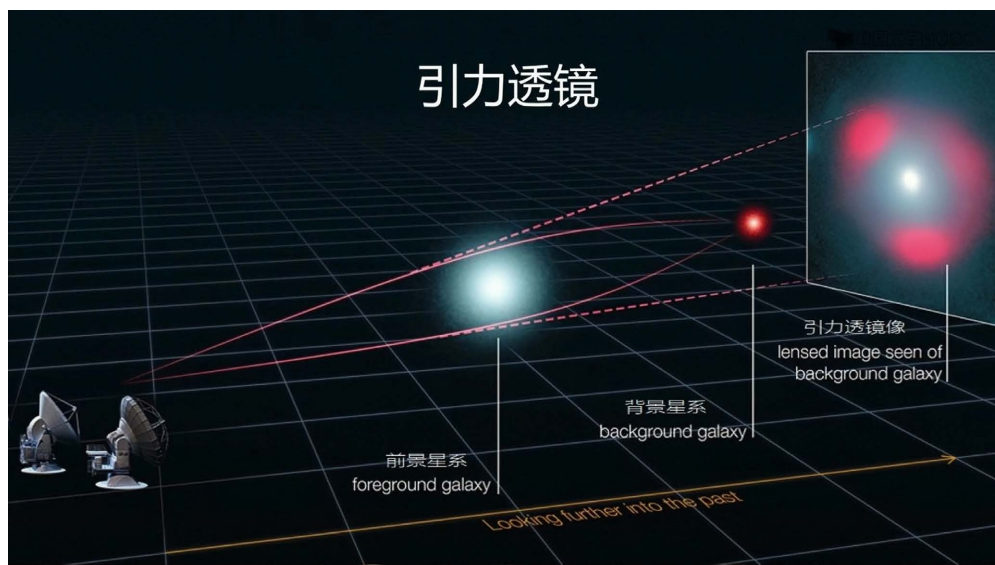
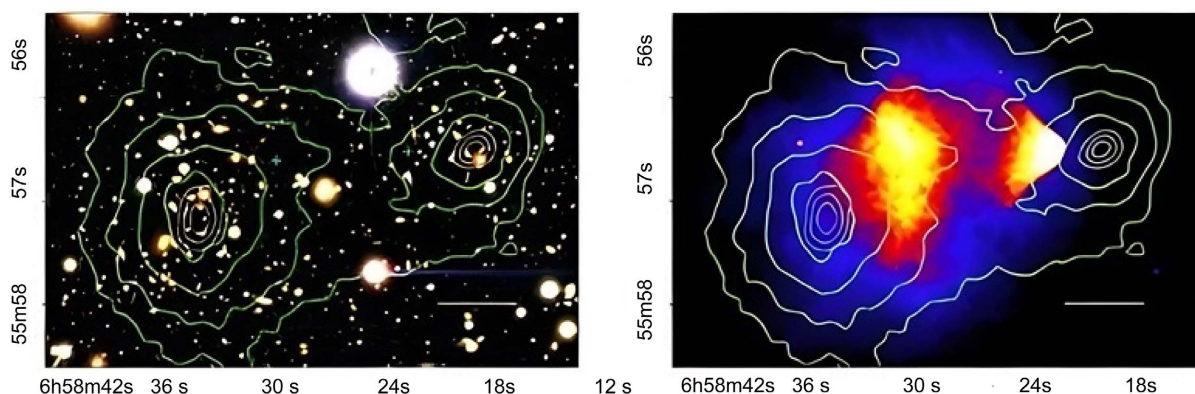


Figure 1. Schematic diagram of gravitational lens  
图 1. 引力透镜示意图

## 2. 子弹头星系团

星系团观测的著名实例是子弹头星系团[4]-[6] (1E0657-558)，子弹头星系团位于船底座，距离地球 37 亿光年，是两个星系团发生了高速对头碰撞形成的。图 2 为子弹头星系团(1E0657-56)物质分布图，其中左图为光学图象，右图为 X-射线图象。星系团内各个(发光)星系之间的距离其实相当大，因此当两个星系团碰撞时，这些(发光)星系交错而过，穿到了对方的后面，在可见光下可以观察到的星系中的(发光)恒星并没有受到碰撞的很大影响。每个星系团中各个(发光)星系之间还分布着许多气体，这些气体代表了星系团对中的大部分重子，即普通物质，其能量相当于 10 个典型类星体的能量输出。这些气体互相之间会产生作用，无法轻松地相互穿过，而是撞在一起，并激发出冲击波来。所以气体分布在靠近整个碰撞残骸的中央，而(发光)星系则分布在两侧。星系团中气体温度比较高，会发射 X-射线，钱德拉 X-射线观测到的就是靠近残骸中央、正在向两侧传播的气体冲击波。一般的所有的引力来自普通物质，这既包括星系中的恒星，也包括星系之间的气体。在子弹头星系团中，星系之间气体的质量比星系中恒星的质量更大，子弹头星系团中央才应该是物质密度最高、引力最强的地方。在子弹头星系团观测中，出现了“引力透镜”现象，根据广义相对论中的“引力透镜”效应推测：背景星系的光穿过子弹头星系团(前置星系)时，会被其引力偏折，导致我们看到的星系形状发生变化。对临近的很多个星系形状进行平均，就可以知道这一地方引力的强弱。根据“引力透镜”反演的物质，大部分是看不见的暗物质。天文工作者在仔细测量了子弹头星系的“引力透镜”效应后发现：1) 暗物质团分布与无碰撞(发光)星系是一致的，团中“引力透镜”效应最强的地方是两侧(发光)星系最多的地方，并不是中央气体最多的地方。2) 暗物质是可观星系质量的 10 倍。其结果是“引力透镜”观测的重子质量峰中心和总质量中心的位置发生了偏离。

一般认为由引力透镜反演出的暗物质应该由暗物质粒子组成，暗物质粒子与常规物质仅有微弱的相互作用，科学家采用多种探测手段，目前都未探测到暗物质粒子。那么天文学家推演星系碰撞中应该有暗物质，为什么探测不到暗物质粒子呢？



**Figure 2.** Bullet Galaxy Cluster (1E0657-56): The left image is an optical image, and the right image is an X-ray image. The curve represents the projected density distribution measured based on the gravitational lensing effect

**图 2.** 子弹头星系团(1E0657-56): 左图为光学图象, 右图为 X-射线图象。曲线表示根据引力透镜效应测出的投影密度分布

### 3. 光子 - 光子散射(碰撞)、光线同频互扰对光线弯曲的解释

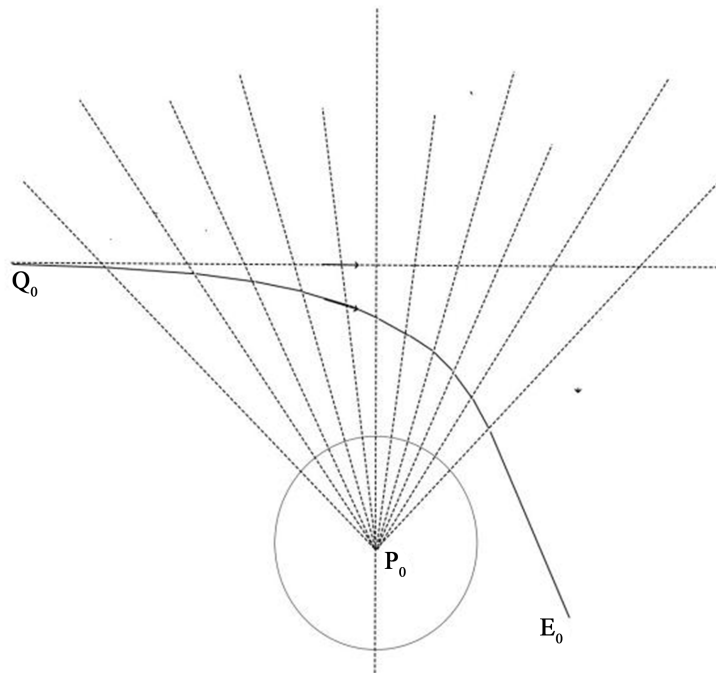
本文是“MACS J 0025.4-1222 和子弹头(1E0657-56)星系团中引力透镜观测结果的另类解释[7]”的续篇,“另类解释”一文认为:引力是由引力子传播的,光是由光子传播的,引力子和光子基本不发生作用,因此引力不会弯曲光线。而光可以发生干涉、衍射、同频干扰现象,说明光子和光子可以发生作用,光子和光子散射(碰撞)可以改变光子的传播方向,一般情况下,这个改变太小,我们根本观察不到。当一列可见光通过大质量发光星球旁边时,受大质量发光星球发出电磁波的连续作用,会形成绕大质量发光星球的圆弧,恰是“引力弯曲光线”,这是人们形成“引力弯曲光线”、“引力透镜”印象的原因。在天文观测中使用引力透镜原理,不能反映不发光星球和气体的质量,它只能反映发光星球的质量。因此在存在大量不发光气体的碰撞星系团中,引力透镜推演的质心(发光星球质心)与星系总质量(含大量炙热气体)的质心出现分离是合理的,此文认为星系的质心偏离与暗物质无关。

本文在此基础上,主要分析了影响光线弯曲的因素,推导了计算光线弯曲程度的公式。一般碰撞星系距离地球都比较远,这些星系之所以能被观测到,是因为这些星系中的星球发光亮度比太阳的亮度大得多,因此从这些星球旁边经过的可见光,受这些星系星球的弯曲,其弯曲程度比可见光从太阳旁边经过时的弯曲程度大得多。一般的这个圆弧的弯曲程度与大质量发光星球的亮度成正比,由于亮度代表了单一方向可见光频段电磁波的辐射强度,而星球的辐射强度与距离的平方成反比,所以光线的弯曲程度与可见光与星球中心的距离平方成反比,对于不同的光线波长,由于星球辐射中丰度不一样,因此圆弧的弯曲程度会有所差别。

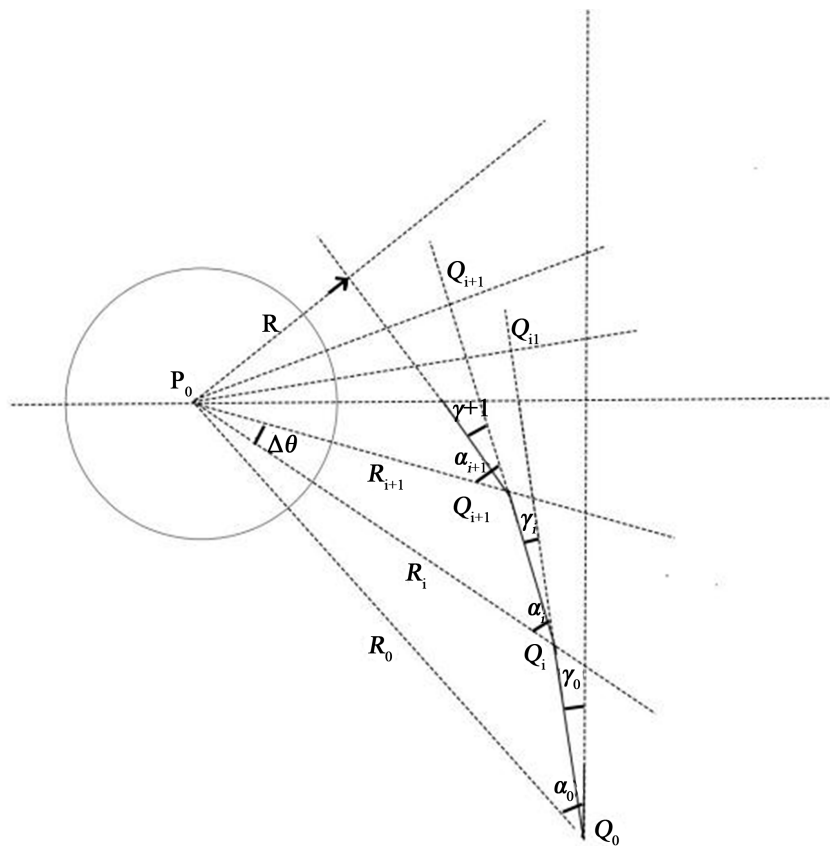
下面我们对光子 - 光子散射(碰撞)、光线同频互扰对光线弯曲进行具体分析。传统的光子定义为  $fh$ , 这里  $f$  为电磁波的频率,  $h$  为普朗克常数,本文中我们把电磁波的一个波包看成一个光子,把光子散射(碰撞)看成两个完全弹性球的碰撞,光子与光子质量与动能等性质完全一样,因此光子与光子散射(碰撞)就相当于互换光子,互换后光子其他性质不变,只是光子传播方向会发生变化。详细分析光子与光子散射(碰撞)后方向的变化和偏转角的大小,涉及到各种碰撞情况的分析和概率,这里根据光线经过太阳旁边时发生弯曲的情况做(反推)分析。

图 3 中  $P_0$  为太阳,  $Q_0$  为可见光光源,  $E_0$  为地球上的观测点,图中虚线是光线传播的起始方向,实线是可见光光线受太阳发出电磁波连续作用形成的实际弯曲传播路线。

图 4 是从观察者角度反推的示意图。设太阳的球心为  $P_0$ , 地球上的观测点为  $Q_0$ , 太阳中心距离观测



**Figure 3.** Analysis of bending visible light from massive luminous planets 1  
**图 3.** 大质量发光星球弯曲可见光的分析 1



**Figure 4.** Analysis of bending visible light from massive luminous planets 2  
**图 4.** 大质量发光星球弯曲可见光的分析 2

点距离为  $R_0$ ，可见光与星球夹角为  $\alpha_0$ ，太阳与可见光波长相对应的发光强度为  $E_0$ ，把太阳看成质点，质点处的发光强度为  $E$ ，可见光与太阳的最短距离为  $R$ ，太阳光线之间的夹角为  $\Delta\theta$ ，光线的起始偏转角为  $\gamma_0$ ，光线的总偏转角为  $\gamma$ ：

$$\gamma_0 = k(\lambda)E_0(\lambda) = k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_0^2} \tag{1}$$

$$\alpha_1 = \alpha_0 - \gamma_0 + \Delta\theta \tag{2}$$

在三角形  $P_0Q_0Q_{i1}$  中：

$$R_1 = \frac{R_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_0 + \gamma_0\right)}{\cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)} = \frac{R_0 \sin(\alpha_0 - \gamma_0)}{\sin \alpha_1} \tag{3}$$

$$\gamma_1 = k(\lambda)E_1(\lambda) = k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_1^2} \tag{4}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 - \gamma_1 + \Delta\theta \tag{5}$$

$$R_2 = \frac{R_1 \sin(\alpha_1 - \gamma_1)}{\sin \alpha_2} \tag{6}$$

$$\gamma_2 = k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_2^2} \tag{7}$$

.....

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - \gamma_{n-1} + \Delta\theta \tag{8}$$

$$R_n = \frac{R_{n-1} \sin(\alpha_{n-1} - \gamma_{n-1})}{\sin \alpha_n} \tag{9}$$

$$\gamma_n = k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_n^2} \tag{10}$$

光线总偏转角为：

$$\gamma = \gamma_0 + \gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n \tag{11}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_0^2} + k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_1^2} + k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_2^2} + \dots + k(\lambda)\frac{E(\lambda)}{R_n^2} \\ &= k(\lambda)E(\lambda)\left[\frac{1}{R_0^2} + \frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} + \dots + \frac{1}{R_n^2}\right] \end{aligned} \tag{12}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= k(\lambda)E(\lambda)\left\{\frac{1}{R_0^2} + \frac{1}{\left[\frac{R_0 \sin(\alpha_0 - \gamma_0)}{\sin \alpha_1}\right]^2} + \frac{1}{\left[\frac{R_1 \sin(\alpha_1 - \gamma_1)}{\sin \alpha_2}\right]^2} + \dots + \frac{1}{\left[\frac{R_{n-1} \sin(\alpha_{n-1} - \gamma_{n-1})}{\sin \alpha_n}\right]^2}\right\} \\ &= k(\lambda)E(\lambda)\left\{\frac{1}{R_0^2} + \left[\frac{\sin \alpha_1}{R_0 \sin(\alpha_0 - \gamma_0)}\right]^2 + \left[\frac{\sin \alpha_2}{R_1 \sin(\alpha_1 - \gamma_1)}\right]^2 + \dots + \left[\frac{\sin \alpha_n}{R_{n-1} \sin(\alpha_{n-1} - \gamma_{n-1})}\right]^2\right\} \end{aligned} \tag{13}$$

$$\gamma = k(\lambda)E(\lambda) \left\{ \frac{1}{R_0^2} + \left[ \frac{\sin \alpha_1}{R_0 \sin(\alpha_0 - \gamma_0)} \right]^2 + \left[ \frac{\sin \alpha_1 \sin \alpha_2}{R_0 \sin(\alpha_0 - \gamma_0) \sin(\alpha_1 - \gamma_1)} \right]^2 + \dots \right. \\ \left. + \left[ \frac{\sin \alpha_1 \cdots \sin \alpha_{n-1} \sin \alpha_n}{R_0 \sin(\alpha_0 - \gamma_0) \cdots \sin(\alpha_{n-2} - \gamma_{n-2}) \sin(\alpha_{n-1} - \gamma_{n-1})} \right]^2 \right\} \quad (14)$$

$$\gamma = \frac{k(\lambda)E(\lambda)}{R_0^2} \left\{ 1 + \left[ \frac{\sin \alpha_1}{\sin(\alpha_0 - \gamma_0)} \right]^2 + \left[ \frac{\sin \alpha_1 \sin \alpha_2}{\sin(\alpha_0 - \gamma_0) \sin(\alpha_1 - \gamma_1)} \right]^2 + \dots \right. \\ \left. + \left[ \frac{\sin \alpha_1 \cdots \sin \alpha_{n-1} \sin \alpha_n}{\sin(\alpha_0 - \gamma_0) \cdots \sin(\alpha_{n-2} - \gamma_{n-2}) \sin(\alpha_{n-1} - \gamma_{n-1})} \right]^2 \right\} \quad (15)$$

上式用积分形式表示为:

$$\gamma = \int_{\frac{\pi}{2} - \alpha_0}^{\pi} \gamma(\theta) d\theta = \int_{\frac{\pi}{2} - \alpha_0}^{\pi} k(\lambda) \frac{E(\lambda)}{R^2(\theta)} d\theta = k(\lambda)E(\lambda) \int_{\frac{\pi}{2} - \alpha_0}^{\pi} \frac{1}{R^2(\theta)} d\theta \quad (16)$$

(15)式中,大括号内的值主要取决于光线与星球最近几点的值,也就是可见光传播方向与星球垂直的前后一定角度,在可见光波长一定的情况下,积分近似为一常数,把这个常数与 $k$ 合并为 $k_1$ ,上式可以近似为:

$$\gamma \approx \frac{k_1(\lambda)E(\lambda)}{R^2} \quad (17)$$

式中 $\gamma$ 光线偏转角, $k_1$ 与波长有关的系数, $E$ 是星球中心处的等效亮度(发光强度), $R$ 是光线从星球旁边经过时,可见光与星球中心的最短距离。由式可见影响光线弯曲程度的因素:1)可见光的波长;2)前置天体相应波长的发光强度;3)可见光与前置天体的距离。

太阳的总辐射[8]量(光度)约为 $3.845 \times 10^{26}$ 瓦(W)。亮度为单一方向的辐射量,亮度 $E =$ 光度 $L$ /球面积 $4\pi R^2$ 。太阳辐射能量在从宇宙线、X射线到无限电波的整个电磁波谱区内,99%以上在波长0.15~4.0微米之间。大约50%的太阳辐射能量在可见光谱区(波长0.4~0.76微米),7%在紫外光谱区(波长 $<0.4$ 微米),43%在红外光谱区(波长 $>0.76$ 微米),最大能量在波长0.475微米处。太阳的半径为 $6.955 \times 10^5$  km(就光球层言),考虑到可见光与太阳的距离, $R$ 取697,000 km,1919年日全食期间,由爱丁顿等人率领的两支观测队观测结果分别为1.61"和1.98"取平均值为1.795"。1瓦特=1焦耳/秒=1牛顿·米/秒,由此可见光的系数为:

$$k_1(\lambda) = \frac{\gamma R^2}{E(\lambda)} = \frac{\gamma R^2}{L(\lambda)} = \frac{4\pi\gamma R^4}{L(\lambda)} = \frac{4 \times 3.14 \times \frac{1.795}{3600} \times (6.97 \times 10^8)^4}{3.845 \times 10^{26} \times 50\%} = 7.688 \times 10^6 \text{ (m}^4/\text{W)} \quad (18)$$

将(18)带入(17),计算星球发光强度对可见光偏转的角度近似为:

$$\gamma(\lambda) \approx 7.688 \times 10^6 \frac{E(\lambda)}{R^2} \quad (19)$$

星球亮度 $E$ (发光强度)单位:瓦特(焦耳/秒),半径 $R$ 的单位:米, $\gamma$ 为光线偏转角,单位:度。

一般的星球亮度与星球表面的温度高低有关,恒星表面的温度越低,亮度越低,它的光越偏红;温度越高,亮度越高,光则越偏蓝。恒星表面温度与颜色关系如表1。



**Table 1.** Relationship between star surface temperature and color  
**表 1.** 恒星表面温度与颜色关系

光谱型	恒星表面温度/开	颜色	谱线特征	例子
O	40,000~25,000	蓝色	紫外连续谱强。有电离氦，中性氦和氢线。二次电离碳、氮、氧线较弱。	猎户座 $\iota$ (伐三)
B	25,000~12,000	蓝白色	氢线强，中性氦线明显，无电离氦线，但有电离碳、氮、氧和二次电离硅线。	猎户座 $\beta$ (参宿七)
A	12,000~7,600	白色	氢线非常强，氦线消失，出现电离镁和电离钙线。	天琴座 $\alpha$ (织女一)
F	7600~6000	黄白色	氢线强，但比 A 型弱。电离钙线大大增强变宽，出现许多金属线。	船底座 $\alpha$ (老人)
G	6000~5000	黄色	氢线变弱，金属线增强，电离钙线很强很宽。	御夫座 $\alpha$ (五车二)
K	5000~3600	橙色	氢线弱，金属线比 G 型强得多。	牧夫座 $\alpha$ (大角)
M	3600~2600	红色	氧化钛分子带最突出，金属线强，氢线很弱。	猎户座 $\alpha$ (参宿四)

(19)式是计算星球弯曲它附近光线弯曲程度的，这时我们需要把地球上看到的星球亮度换算成星球本身的亮度。地球上看到的星球亮度用视星等[9]衡量。星等值越小，星球就越亮；星等的数值越大，它的光就越暗。星等常用  $m$  表示。星等数每相差 1，星球的亮度相差 2.512 倍。当今世界上最大的天文望远镜能看到暗至 24 m 的天体，哈勃望远镜能拍摄得到的最暗星等达 30 m，使用欧洲极大望远镜能够探测到的最暗星体极限视星等 36。对于遥远星系的亮度，可以用辐射能量表示，也可以表示为亮度为太阳的多少倍。设太阳的亮度为  $1\odot$ ，设日地距离为  $d_1$ ， $d_1$  就是一个天文单位，平均值为 14,960 万千米，1 天文单位 = 0.0000158 光年，太阳的视星等  $m_1$  为 -26.74；设遥远星系的距离为  $d_2$ ，单位光年，视星等为  $m_2$ ，对于质点光源而言，一般的亮度与距离的平方成反比。根据普森公式有：

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \left( \frac{E_1/d_1^2}{E_2/d_2^2} \right) \quad (20)$$

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{\frac{m_1 - m_2}{2.5}} \times \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (21)$$

表 2 是与暗物质有关的常见碰撞透镜星系统计表，表中有确切星等的星系只有 6 个。它们的亮度大多数都超过太阳的 100 亿倍，星球弯曲光线的程度应该大于太阳弯曲光线的 100 亿倍，考虑到星球的半径一般都比太阳大，星球弯曲光线的程度会与太阳弯曲光线的程度小于这个比值，但星球对光线的弯曲程度，也都将比太阳对光线的弯曲程度大得多。

**Table 2.** Statistical table of common collision lens galaxies related to dark matter  
**表 2.** 与暗物质有关的常见碰撞透镜星系统计表

星系名称	距离/亿光年	星等	相对太阳亮度
1E0657-558/1E0657-56 子弹星系团	37	<30	$>4.385 \times 10^6$
Abell 370	50 (40~60)	<30	$>2.011 \times 10^6$
Abell 520	24	<30	$>4.634 \times 10^5$
Abell 1689	21 (20~22)	<b>15.5</b> (15~16)	$>2.240 \times 10^{11}$

续表

Abell 2218	25 (21~30)	<30	$>5.029 \times 10^5$
Abell 2384	12	<30	$>1.159 \times 10^5$
Abell 2744 潘朵拉	35 (30~40)	<b>29</b>	$>2.476 \times 10^6$
Abell 3667	7.3	<30	$>4.288 \times 10^4$
Abell 3827 (ESO 148-IG002, ESO 146-IG 005)	14	<30	$>1.577 \times 10^5$
Abell S1063	45	<30	$>1.629 \times 10^6$
ACT-CL J0102-4915	100	<30	$>8.046 \times 10^6$
AM0644-741 戒指星系	3	<30	$>7.241 \times 10^3$
AM1316-241 尘埃天体	4	<30	$>1.287 \times 10^4$
Arp 81(NGC 6621/ NGC 6622)	2.8	<30	$>6.308 \times 10^3$
Arp 86(NGC 7752/NGC 7753)	2.2	<30	$>3.894 \times 10^3$
Arp 143 (NGC 2445/NGC 2444)	<b>1.8</b>	<b>13.3</b>	<b><math>&gt;1.249 \times 10^{10}</math></b>
Arp 157 (NGC 520)	1	<30	$>8.046 \times 10^2$
Arp 272 (NGC 6050&IC 1179)	4.5	<30	$>1.629 \times 10^4$
Arp 282(NGC 169 /IC 1559)	3.19	<30	$>8.188 \times 10^3$
CL0024+017	40	<30	$>1.287 \times 10^6$
ESO 350-40 车轮星系	<b>5</b>	<b>15.2</b>	<b><math>&gt;1.674 \times 10^{10}</math></b>
IC 1623	3	<30	$>7.241 \times 10^3$
IC 4625(NGC 6240)	3	<b>13.2</b>	$>3.803 \times 10^{10}$
MACS 1206	42.5 (40~45)	<30	$>1.453 \times 10^6$
MACS J1149.5+2223	50	<30	$>2.011 \times 10^6$
MACS J0025.4-1222	60.7	<30	$>2.964 \times 10^6$
MACS J0416.1-2403	42.9	<30	$>1.481 \times 10^6$
MACS J0717.5-3745	60.5 (54~67)	<30	$>2.945 \times 10^6$
NGC 1132	<b>3.2</b>	<b>12.5 (12~13)</b>	<b><math>&gt;8.245 \times 10^{10}</math></b>
NGC 3393	1.6	<30	$>2.060 \times 10^3$
NGC 4676 双鼠星系	2.9	<30	$>6.767 \times 10^3$
R5519	108	<30	$>9.385 \times 10^6$
VV-689 天使之翼	3.3	<30	$>8.762 \times 10^3$
ZWCI 1358+62	37	<30	$>1.101 \times 10^6$

表 3 是常见恒星的亮度和质量比。由表可以看出常见星球平均亮度是太阳的 326 万倍，质量是太阳的 125.7 倍，亮度/质量比是太阳亮度/质量比的 2.976 万倍。由此可以推断，大多数星球，特别是比较远的星球，其星球对光线的弯曲程度比太阳对光线的弯曲程度大得多。反过来，由光线的弯曲程度只能推断发光星球的亮度，再由亮度推算发光星球的质量，这样推算的质量，应该与观测到的发光星球质量相符，不会出现暗物质。

**Table 3.** Common galaxy brightness/mass ratios  
**表 3.** 常见星系亮度/质量比

序号	名称	距离 (万光年)	绝对星等	视星等	亮度 E (万倍 $\odot$ )	质量 m (倍 $\odot$ )	亮度/质量 (万倍)
	太阳		4.9	-26.9			
1	r136a1 大麦哲伦星系蜘蛛星云	16.3	-12.8	12.23	805 (740~870)	260.5 (256~265)	3.090
2	r136a2 大麦哲伦星系蜘蛛星云	16.3	-12.7	12.23	680 (660~700)	220	3.091
3	r136c 大麦哲伦星系蜘蛛星云	16.3	-12.7	12.23	620	185	3.351
4	Hd 93129a 船底座	0.7~0.8	-12.6	6.97	550	123.5 (120~127)	4.453
5	海山二船底座	0.7~0.8	-12.5	4.55	450 (400~500)	120	3.75
6	r136a3 大麦哲伦星系蜘蛛星云	16.3	-12.3	12.23	500	165	3.030
7	lvb1806-20 人马座	3.0~4.9	-12.0	8.6	500		
8	qpm-241 人马座	2.5	-11.9		470	165 (130~200)	2.848
9	Hde 319718 (pismis 24-1)天蝟座	0.815	-11.8	10.43	470	120	3.917
10	Wr 102ka (牡丹星)人马座	2.9	-11.7		400	175	2.286
11	Hd 5980 小麦哲伦星云	20	-11.5	11.52	300	50 (40~60)	6
12	Lss 4067		-11.4				
13	Hd 93250 船底座	1.1	-11.3	7.50		118	
14	Hd 269810 大麦哲伦星云	17	-11.1	12.8	220	150	1.467
15	天鵝座 ob2-12	0.5	-12.2	11.4	>200	92	2.134
16	Var 83 三角座星系	300	-11.1	16.40	220		
17	Wray 17-96 天蝟座	1.5	-10.9	17.8	180		
18	手枪星人马座	2.5	-10.8	4	190		
19	尾宿三天蝟座 $\zeta$ 1	0.57	-10.8	4.66- 4.86	170	60	2.833
20	Af and 仙女座星系	78	-10.8		160		
21	Tr 27-27		-10.7				
22	Var b 三角座星系		-10.4		110		
23	Ag car (船底座 ag)船底座	0.6	-10.3	7.09	100	50	2
24	弧矢增二十二: 79 万	0.11	-5.98	2.25	78.5 (69~88)	46	1.707
25	天津增九: 71.9 万		-6.5		71		
26	Vy cma 位于 ngc 2362 星团	0.45~0.48 5	-9.7	7.95	62 (45~79)	37.5 (35~40)	1.653

预测: 星系亮度随不同频段辐射量不一样, 光线的弯曲程度会有差别。这与“引力透镜”原理预测的不同。

#### 4. 结论

1916 年爱因斯坦发表了广义相对论, 这一理论认为引力弯曲了时空, 光线经过大质量星球旁边时会弯曲形成“引力透镜”现象。对于遥远碰撞星系的观测表明: 1) 星系碰撞对可观测大质量发光星球基本

没有影响；2) 星系碰撞中都存在大量不发光的炙热气体；3) 星系碰撞中存在暗物质的星系都使用了“引力透镜”原理反演星系质量；4) 通过“引力透镜”原理反演的星系质量与不发光的炙热气体分布分离；5) 通过“引力透镜”原理反演的物质质量远远大于发光星球的质量。这些现象反映广义相对论中的引力透镜原理存在如下问题：1) 微观作用机理无法解释：大家知道，引力是由引力子传播的，光是由光子传播的，引力子和光子基本上不发生作用，因此引力弯曲光线从微观机理上无法解释。2) 爱因斯坦发表广义相对论时并未对时空结构做详细的描述，更未对引力怎样弯曲时空作详细描述。近年来对时空结构研究比较深入的是圈量子理论[10]，在此理论下，时空被描述成呈背景独立，由关系性循环织成的自旋网络铺成的时空几何。网络中每条边及每个节点分别为一普朗克长度及普朗克体积。在普朗克尺度下，时空几何充满随机的量子涨落。圈量子理论认为时空是离散的，但是圈量子理论一直不是很成功。3) 如果引力弯曲了时空，那么星系碰撞中，作为主要质量来源的不发光炙热气体也应该对弯曲时空作出贡献，但观测事实是通过“引力透镜”原理反推的星系质量与不发光炙热气体分布分离，说明“引力透镜”原理反推的星系质量未反映不发光炙热气体的质量，直白的说大量不发光的气体(前置天体)并没有弯曲时空。合理的解释是：引力弯曲了物体的运动方向，光线从大质量发光星球旁边经过时，与大质量发光星球发出的电磁波连续作用，弯曲了光线。这样大量不发光的气体未弯曲光线才是合理地。4) 大大缩小了远距离高亮度星球对光线弯曲的弯曲程度。天文观测显示：一般碰撞星系距离地球都比较远，我们之所以能观察到这些星系，是因为这些星系中的星球发光亮度比太阳的亮度大得多，对部分星球的统计显示：远距离星球的亮度/质量比是太阳亮度/质量比的上万倍。遥远星系的亮度比太阳亮 100 亿倍，这样从这些星球旁边经过的光线弯曲程度由光线互扰解释就相当于用“引力透镜”解释大了上万倍，遥远星系的甚至高至 100 亿倍(实际上受星球半径的影响，这个比例要小一些)，由弯曲光线反演的物质，光线互扰解释比用“引力透镜”解释少了上万倍，遥远星系的甚至要少 100 亿倍(实际上受星球半径的影响，这个比例要小一些)，这样在碰撞星系中就不存在由“引力透镜”原理反推出来的暗物质。远距离星系碰撞观测中光线互扰解释不会反演出暗物质，这符合天文观测的实际。本文认为：光线从大质量发光星球旁边经过时，其光线弯曲程度与星球发光亮度成正比，与该光线距离星球中心的距离平方成反比。星系碰撞中的暗物质是“引力透镜”对星球弯曲光线的弯曲程度计算不足形成的。星系碰撞中不存在暗物质。

## 参考文献

- [1] 郑雪瑶, 康现伟, 张丰收. 暗物质和修正引力理论的研究进展[J]. 大学物理, 2022(10): 80-85.
- [2] 刘辽, 赵峥. 广义相对论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3] 傅莉萍, 束成钢. 引力透镜的基本原理及最新研究进展[J]. 天文学进展, 2005, 23(1): 56-69.
- [4] The Science from the Hubble Space Telescope. <https://esahubble.org/science/>
- [5] 一对竞争的科学理论: 暗物质与修改引力理论[EB/OL]. [http://news.sohu.com/a/500038284\\_136745](http://news.sohu.com/a/500038284_136745), 2024-04-12.
- [6] Clowe, D., Gonzalez, A. and Markevitch, M. (2004) Weak-Lensing Mass Reconstruction of the Interacting Cluster 1E 0657-558: Direct Evidence for the Existence of Dark Matter. *The Astrophysical Journal*, **604**, 596-603. <https://doi.org/10.1086/381970>
- [7] 陈军利. MACS J 0025.4-1222 和子弹头(1E0657-56)星系团中引力透镜观测结果的另类解释[J]. 现代物理, 2024, 14(1): 25-37. <https://doi.org/10.12677/MP.2024.141004>
- [8] 太阳辐射[EB/OL]. 百度百科. [https://baike.baidu.com/item/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%BE%90%E5%B0%84/5211804?fr=ge\\_alia](https://baike.baidu.com/item/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%BE%90%E5%B0%84/5211804?fr=ge_alia), 2024-04-12.
- [9] 星等(衡量天体光度的量) [EB/OL]. 百度百科. [https://baike.baidu.com/item/%E6%98%9F%E7%AD%89/217343?fr=ge\\_alia](https://baike.baidu.com/item/%E6%98%9F%E7%AD%89/217343?fr=ge_alia), 2024-04-12.
- [10] 朱继红. 圈量子引力理论与量子信息[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北大学, 2007.