

泰州中学校本选修课题文本——暗物质

戴 军 单 蕾

(江苏省泰州中学 江苏 泰州 225300)

1 从宇宙学讲起

1.1 爱因斯坦的静止宇宙模型

爱因斯坦 1917 年提出一个建立在广义相对论基础上的宇宙模型. 在这个模型中, 宇宙的三维空间是有限无边的, 而且不随时间变化. 以往人们认为有限就是有边, 无限就是无边. 这是局限在欧氏空间. 球面就是一个二维的有限无边空间. 而我们居住的宇宙是三维超球面空间.

爱因斯坦写出了在空间各向同性、且不随时间变化假定下的广义相对论场方程:

$$R_{uv} - \frac{1}{2}g_{uv}R = -\kappa T_{uv} \quad (1)$$

但其中只包括吸引效应不包括排斥效应. 要想得到静止的宇宙, 必须加上排斥项. 爱因斯坦于是把方程改写为

$$R_{uv} - \frac{1}{2}g_{uv}R + \lambda g_{uv} = -\kappa T_{uv} \quad (2)$$

其中 λ 称为宇宙学常数.

1.2 脉动宇宙模型

1922 年, 苏联数学家弗里德曼应用不加宇宙项的场方程, 得到了脉动宇宙模型. 这个宇宙模型随时间变化, 分为三种情况: 负曲率、零曲率、正曲率的三维空间. 其中前两种情况, 宇宙不停膨胀. 后一种情况, 宇宙先膨胀, 后收缩, 再膨胀, 循环往复.

1.3 宇宙: 正曲率、零曲率, 还是负曲率?

我们的宇宙到底属于以上情况的哪一种呢? 广义相对论研究表明: 宇宙中的物质存在一个临界密度 ρ_c , 如果宇宙中物质密度 $\rho > \rho_c$, 则三维空间曲率为正. 此

外, 还有另一个判据, 那就是减速因子. 河外星系的红移, 表示它们远离我们. 观测表明它们的远离速度是减慢的. 如果减速因子 g 大于 $\frac{1}{2}$, 三维空间曲率将是正.

看起来我们能知道宇宙究竟是正曲率还是负曲率的了. 很不幸的是: 前一个证据表明宇宙的空间曲率为正, 后者表明宇宙的空间曲率为负. 有人认为减速因子的观测更为可靠, 为了消除两种判据之间的矛盾, 他们作了如下假设: 宇宙中有我们看不见的暗物质, 这样 ρ 值就不准了.

2 暗物质

2.1 什么是暗物质

近年来通过对 Ia 型超新星的观测, 人们发现从 60 亿年前宇宙开始加速膨胀. 这很匪夷所思. 加速膨胀的动力来自哪? 排斥效应来自暗能量, 它约占宇宙质量的 65%. 发光恒星的质量只占全宇宙质量的 0.5% 左右, 那些由普通重子形成的气体、尘埃甚至黑洞, 总质量也不过占全宇宙的 4%. 如果中微子有质量, 会成为所谓“热暗物质”, 也只占宇宙总质量的约 0.3%. 而研究表明, 宇宙中还应该存在占宇宙总质量 29% 左右的、透明的、产生引力效应的未知物质.

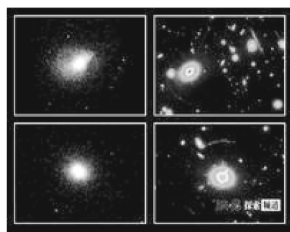


图 1

◀ 仍用“电路中产生的电能等于导体棒克服安培力所做的功”进行求解, 从而得到错误的结果. 究其原因, 主要是未弄清当导体棒不运动时, 由于回路磁场变化, 回路中同样会产生电能, 而此过程中导体棒并没有克服安培力做功. 弄清问题实质后, 学生就会茅塞顿开, 知道在感生电动势和动生电动势同时存在时, 电路中产生的电能是由导体棒通过克服安培力做功和通过磁场变化同时产生的, 即由棒的机械能和磁场

能同时和电能间的转化而来的.

综上所述, 无论导体棒和磁场相对运动, 还是磁场随空间位置变化或磁场随时间发生变化, 只要抓住问题的本质, 从基本规律出发, 将常规的基础题进行变化, 使学生产生联想, 情境变换, 知识迁移, 对基本物理模型进行再构与拓展, 就能使学生的思维能力和创新能力得到迅速提升, 起到举一反三、触类旁通之效.

“冷暗物质”冷暗物质不与光发生相互作用. 即光通过暗物质时, 如入无人之境, 直接穿过去, 不会发生散射、折射等现象.

如第一部分所述, 暗物质概念的提出, 首先是因为在天文观测中发现一系列和引力相关的物理效应, 只能用引入存在着绝对透明的物质的观念才能加以解释. 也就是说: 我们需要证明暗物质存在的直接证据.

2006 年, 美国天文学家通过美宇航局的“钱德拉”X 射线太空望远镜等设备观测遥远星系的碰撞, 发现了宇宙暗物质存在的最直接证据. 美国天文学家小组在长达几个月对距太阳系 1 亿光年处“子弹星系团”的观测后宣布“看”到了暗物质. “子弹星系团”实际上是两个星系团的碰撞、融合形成的. 两个星系团以每小时近两亿千米的高速撞到一起, 他们内部包含的发光物质由于相互之间存在除引力之外的其他作用力, 在相互挤压过程中速度减慢了. 但是两星系团中的暗物质之间没有这种作用力, 它们并不减速, 而是畅行无阻的直接穿过对方. 结果暗物质跑到了发光物质的前面, 于是每个星系团就分成了两部分: 暗物质在前, 发光物质在后.

2.2 暗物质存在的证据

最早提出证据并推断暗物质存在的科学家是美国加州工学院的瑞士天文学家弗里茨·兹威基.

2006 年, 美国天文学家利用钱德拉 X 射线望远镜对星系团 1E 0657 - 56 进行观测, 无意间观测到星系碰撞的过程, 星系团碰撞威力之猛, 使得黑暗物质与正常物质分开, 因此发现了暗物质存在的直接证据.

最新发现: 美国科学家在地下废弃铁矿中捕获暗物质粒子.



图 2 暗物质的电脑模拟图

2009 年 12 月 21 日据国外媒体报道, 美国科学家最新实验发现 0.75 公里深的铁矿中存在着暗物质, 强有力地证实了暗物质的存在. 物理学家在美国明尼苏达州北部一个废弃铁矿中发现暗物质, 这是迄今为止最有力的发现暗物质证据. 暗物质被认为占据宇宙 90% 的质量.

2.2 引力透镜效应

我们很想知道, 天文学家究竟是怎样探测暗物质是否存在的. 大体上有: (1) 星团、X 射线方法; (2) 大

尺度结构观测; (3) 直接观测; (4) 引力透镜效应方法. 我想简单介绍下引力透镜效应.

广义相对论预言, 一束光通过均匀和不均匀介质将会产生不同的效果. 处于一个大质量天体后方的光源, 其亮度和形态都会受到放大和变形. 这种“引力透镜效应”具有两个基本的特征: 一是它的放大作用, 使得宇宙深处较暗天体得以增亮进入我们的观测, 起到“望远镜”的作用; 二是它的变形作用, 使得原来背景光源发生强烈的扭曲, 若不进行“复原”, 则会带给我们错误的信息.

而引起引力透镜效应的是透镜天体的引力质量作用, 它在概念上不同于动力学质量, 它既包括发光物质的贡献, 也包括不可视物质的贡献. 通过引力透镜质量与发光物质的质量的比较, 可以直接给出暗物质的分布特性及质量. 简单来说, 引力透镜效应就是宇宙中的“海市蜃楼”.

2.3 解释暗物质的新理论

单位空间(即无限分子一体积)内产生物质的概率是二分子一, 产生的物质叫“虚子”. 为什么叫“虚子”呢? 因为它的寿命只有无限分之一. 虚子的运动速度为 c (光速). “超弦子”定义: 相对于“虚子”的“实子”叫“超弦子”, 超弦子的寿命可以达到无限. 怎样才能产生超弦子呢? 相邻任意个单位体积同时产生“虚子”, 才能产生形状固定的超弦子. 各个虚子的速度方向是不同的, 所以超弦子一产生就有自旋! 产生的超弦子如果遇到其他超弦子, 会有三种情况: (1) 互相撞碎, 同归于尽, 消失. (注: 只有同时存在才能永远存在, 超弦子被撞掉一点, 整个就会消失) (2) 由于万有引力和其他超弦子结合, 同时改变速度和自旋! (3) 不是有效撞击, 相碰后“各奔前程”, 改变自旋与速度! 请注意: 产生的各种各样的超弦子像被烧过的砖一样, 是一个整体, 本身形状已经不能改变. 一维的超弦子不能存在, 二维同理, 所以超弦子是三维的. 关于超弦子的质量: N 个单位体积产生的超弦子的基础质量为 2 的 N 次方. 根据超弦子的对称性大小, 会增加额外的质量. 质量越大, 强度越大. 不同的质量对应不同的极限速度. (注: 2 的 N 次方只是一个随便的指数, 具体指数大小得由数学家去计算). 黑洞就是由质量巨大的超弦子形成的. 物质掉进黑洞的速度是可以超光速的. 现在说明什么是暗物质和亮物质: 超对称的超弦子(即球状的超弦子)叫亮物质, 其他形状的超弦子叫暗物质. 暗物质的两个特点: (1) 不带电荷. (2) 透明(即光子可以通过). 因为暗物质形状不规则, 所以形成暗物质的概率比形成亮物质的概率大得多, 所以暗物质比亮物质多得多.