

决定宇宙演化前景的判据

杨 大 卫

(河北师大物理系 石家庄 050016)

1998年6月3日,从清晨5时起,中央电视台连续3小时直播美国发现号航天飞机运载 α 磁谱仪升空实况的同时,还向大家介绍了许多宇宙学的知识.宇宙学的发展大大深化了人类对宇宙起源和演化的认识,为了解物质结构和相互作用提供了新的统一图景.

α 磁谱仪的主要任务之一是探测宇宙中的暗物质.之所以要寻找暗物质,则关系到人们对宇宙未来前景的预言和宇宙是否无限的判断.

请看这样一道物理奥林匹克竞赛题:

“位于宇宙中任何一个星系 O 上的观察者,沿任一方向都会看到与自己距离为 $R(t)$ 的另一个星系 P 正以速度 $v = H \cdot R$ 在远离他.这表明宇宙正在膨胀,式中的 H 称为哈勃参量.试证明,可以根据宇宙物质的平均密度 ρ 与临界密度 $\rho_c = 3H^2 / 8\pi G$ 的比,去判断宇宙膨胀的前景:如 $\rho / \rho_c > 1$,则宇宙在未来的某个时刻会停止膨胀,转而开始收缩,即宇宙是有限的;如 $\rho / \rho_c < 1$,则宇宙会一直膨胀下去,即宇宙是无限的;如 $\rho / \rho_c = 1$,则宇宙的前景为方才两种情况之间的临界状态.

提示:分别考察以 O 为球心,以 $OP = R(t)$ 为半径的球面内、外所有物质对 P 的引力的合力,并分析该力对 P 运动的影响.”

乍一看,这个题目太难,宇宙之大,似乎令人无从下手.可当我们按题目提示的“路子”向前“走一走”,马上就会有“柳暗花明”之感.

如图1所示,在均匀、各向同性、膨胀着的宇宙中,考察提示所说的那个球面.由万有引力的性质可以断定,该球面内所有物质对 P 的引力的合力相当于它们的总质量 $M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$ 全部集中到球心 O 处对 P 产生的引力 $f = GMm / R^2$;而

该球面外的所有物质对 P 的引力的合力为零(相当于外面各空心匀质球壳对内部某质点的作用).显然,在合力 f 的作用下,星系 P 对观察者 O 作减速运动.

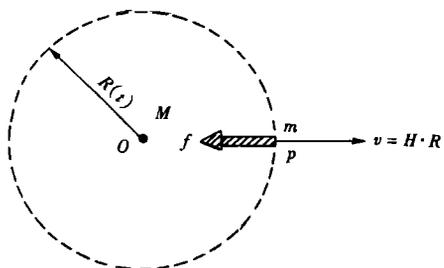


图 1

这样看来,此题可以与下述问题等价:“到质点 O (质量为 M) 距离为 $R(t)$ 的动点 P (质量为 m),以速度 v 沿径向朝外射出,写出 v 将来是否会反向的判据.”

果然,经过这样的“等价变换”,问题一下子变得容易多了,一个高中生就可以写出答案.所以,这是一种值得借鉴的思考方法.

根据机械能转化与守恒定律,动点 P 的动能与引力势能之和

$$\frac{1}{2}mv^2 - GMm/R = E(\text{常量}), \quad (1)$$

由此得出如下判据:若 $E < 0$, $\frac{1}{2}mv^2 < GMm/R$, 距离 R 将有极大值 R_m , 在该处质点 P 的速度减至零,然后反向;若 $E > 0$, $\frac{1}{2}mv^2 > GMm/R$, 距离 R 将没有上限,速度虽不断减小,但不会减至零,当然也就不会再反向;若 $E = 0$, $\frac{1}{2}mv^2 = GMm/R$, 则为临界状况,即 $R \rightarrow \infty$ 时 $v \rightarrow 0$.

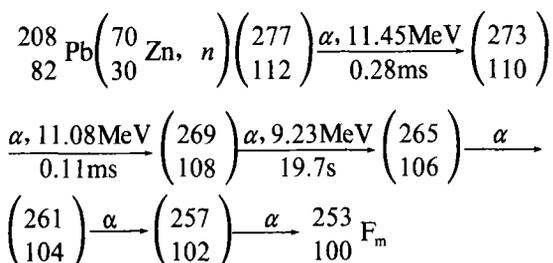
将此结论再“变换”回膨胀的宇宙中,把

104—109 号元素的最新定名

宋 世 榕

(武汉汽车工业大学 湖北 430070)

笔者于本刊 1996 年第 2 期发表的《西博格和超铀元素》一文中曾提到, 1981 年 4 月—1994 年 12 月, 德国达姆斯塔特重离子研究中心 (GSI) 由安布拉斯特领导的研究小组曾发现 107—111 号元素. 后来, 在 1996 年 2 月 9 日, 由安布拉斯特和霍夫曼领导的 GSI 研究小组又合成了质量数为 277 的 112 号元素, 反应式及衰变链如下:



1994 年 8 月 31 日, 国际纯粹和应用化学协会 (IUPAC) 的无机化学命名委员会 (NIC) 开会

(成员 20 名, 来自 12 国), 讨论 101—109 号元素的命名. 他们提出了命名建议, 并于同年 12 月发表. 笔者文章中曾提及 101—109 号元素的这些初步命名.

1995 年 3 月 15 日出版的《化学与工程新闻》杂志 (美国) 报道, 安布拉斯特针对 IUPAC 的命名指出, GSI 小组已于 1992 年就自己发现的 107—109 号元素命名, IUPAC 不应在未曾通知他们的情况下擅自加以更改. GSI 小组于 1992 年命名的元素名称如下:

原子序数	元素名称
107	nielsborium
108	hassium
109	meitnerium

就在 1994 年, 美国化学学会也对 IUPAC 的命名建议持保留意见, 他们提出的元素命名是

$v = H \cdot R$ 和 $M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$ 代入 (1), 可得

$$H^2 - \frac{8}{3} \pi G \rho = 2E / mR^2. \quad (2)$$

容易看出刚才由 (1) 得到的判据 $E < 0$ 和 $E > 0$, 分别对应于 (2) 中的 $\rho > \rho_c$ 和 $\rho < \rho_c$,

$$\rho_c \equiv 3H^2 / 8\pi G. \quad (3)$$

(3) 式正是原题所要证明的判据, 故原题得证.

通过这道奥赛题的解答, 不仅使我们了解到一种化难为易的“等价变换”方法, 而且还懂得了测查暗物质并进一步确定宇宙当前实际的物质密度的科学意义.

根据 1996 年国际上 4 个研究小组的测定, 哈勃参量现在 ($t = t_0$) 的值 $H_0 = H(t = t_0) \approx 60-70 \text{ km} / (\text{S} \cdot \text{Mpc})$, 由此可得现在的临

界密度 $\rho_{0c} = \rho_c(t = t_0)$ 约为 $10^{-26} \text{ kg} / \text{m}^3$. 而目前用光度学方法估算出的宇宙中发光物质的平均密度仅为 $10^{-28} \text{ kg} / \text{m}^3$, 如果这就是宇宙中的全部物质, $\rho_0 = \rho(t = t_0) \ll \rho_{0c}$, 那么宇宙将永远膨胀下去. 可是用动力学方法和引力透镜方法估算, 宇宙的平均物质密度要比用光度学方法估算出的高得多, 说明宇宙中还存在许多不发光但仍有引力效应的“暗物质”, 其质量甚至比“看”得见的物质高数十倍到上百倍.

虽然现在还未准确地测出宇宙中所有物质的总密度, 进而对宇宙膨胀的前景以及宇宙的有限性或无限性做出判断, 但上述奥赛题已清楚地表明, 这个疑问的澄清只是一个实测问题. 任何哲理的武断都是没有任何意义的!