

对宇宙加速膨胀的最新解释:这是由于在宇宙早期所发生的 宇宙黑洞间的碰撞所造成的**

<<对黑洞和大爆炸的新概念—两者都无奇点^{[1][2]}>> 一文的第 5 篇

张 洞 生

1957年毕业于北京航空学院,即现在的北京航空航天大学

永久住址: 17 Pontiac Road, West Hartford, CT 06117-2129, U.S.A.

E-mail: ZhangDS12@hotmail.com

内容提要: 在 1998 年,由美国加利福尼亚大学的劳伦斯伯克利国家实验室的 Saul Perlmutter 教授和澳大利亚国立大学的 Brian Schmidt 所分别领导的两个小组通过对 Ia 型超新星爆炸的观测发现了我们宇宙的加速膨胀,他们指出那些遥远的星系正在加速地离开我们。^[3] 现在,多数的相关的科学家们认为我们宇宙的加速膨胀是由于宇宙中存在具有排斥力和负能量的神秘暗能量所造成的,其中一些科学家们正为获得以后的诺贝尔奖而努力寻找这种暗能量。特别是,我们宇宙诞生于 137 亿年前,那时暗能量并没有随宇宙诞生而出现,而暗能量却是在大约 90 亿年前蹦出来的。^[3] 究竟什么是暗能量呢? 现在还无人知道。中国科技大学物理学教授李淼就幽默地说:“有多少个暗能量的学者,就能想像出多少种暗能量”。^[1] 那么,我们宇宙的加速膨胀就只能用具有排斥力和负能量的神秘暗能量来解释吗? 按照黑洞的原理和其本性,任何一个黑洞的膨胀产生于吞噬外界的能量物质和与其它黑洞的碰撞,它所吞噬的能量物质愈多就膨胀得愈快。[参考后面的公式(6b)和(6c)]. 在本文中,对我们宇宙的加速膨胀将用一个宇宙黑洞和另一个宇宙黑洞在其早期的碰撞来解释。虽然本文中的论证可能相对地简单,但比现有的其它各种理论的论证更为合理。[Academia Arena, 2009;1(1):57-62]. ISSN 1553-992X.

关键词: 暗能量,有排斥力的暗能量,有负能的暗能量,宇宙的加速膨胀,宇宙黑洞,宇宙黑洞的碰撞,多宇宙,超光速的空间膨胀,

**本文原文为英文,曾发表在“Nature and Science”杂志的 2007 年 5 (3) 期上,其网址是<http://www.sciencepub.org/nature/0503>。现翻译成中文,略有修改。

I. 我们宇宙的加速膨胀证明了多宇宙的真实存在。

新近的观测表明,所谓的“暗能量”并不是随宇宙的诞生而出现,而是在宇宙的诞生后约 50 亿年才蹦出来的;由于它的出现造成了宇宙的加速膨胀。这就清楚地表明暗能量不是我们宇宙所固有的,而是来自我们宇宙的外界,即外面的宇宙。这就是多宇宙存在的强有力的证据。况且,“近来,在我们的宇宙空间,发现了许多超重级黑洞。一个超重级黑洞的质量约等于 10^9 太阳。据此计算,其平均密度约等于 0.0183g/cm^3 。”——摘自自<对黑洞和大爆炸的新概念>^[2]一文的第 15 节。在这些超重级黑洞中,也会有许多恒星及其行星存在,而这种黑洞往往处于星系的核心地位,其外围有太多的能量物质可供吞噬使其不断长大。几十亿年之后,就可能智慧生物出现在其内的某些行星上。而他们将无法知道他们本黑洞外的世界。这就是说,甚至在我们同一个宇宙内,不同的超重级黑洞内的智慧生物之间也无法互通信息。因为**每一个黑洞就是一个完全独立的宇宙**。幸好我们的太阳系不在银河中心的超重级黑洞内,否则,我们连整个银河都无法知道,更不会知道我们整个的宇宙了。因此,我们宇宙中超重级黑洞之间的关系是和我们宇宙与其它宇宙之间的关系是一样的,因为**我们宇宙一直就是一个真实的超级巨型黑洞**。^{[1][2]} 上述在我们宇宙中的超重级黑洞可吞噬起外面能量物质或与其它的黑洞相碰撞。同样的道理,我们这个黑洞宇宙也会吞噬我们宇宙外的能量物质或和其它宇宙发生碰撞。

II. 暗能量是怎样提出来的。任何对宇宙的加速膨胀解释的理论必须符合我们宇宙的平直性要求和当今较准确的观测值 ($\Omega = 1.02 \pm 0.02$),而只有本文的解释才符合此要求。有排斥力的暗能量和所有其它理论都可能成为找不到的幽灵,因为它们都不符合此要求,解释不了我们宇宙的平直性。

爱因斯坦的广义相对论场方程如下:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} \quad (1)$$

$G_{\mu\nu}$ 是描述时空几何特性的爱因斯坦张量。 $T_{\mu\nu}$ 是物质场的能量-动量张量。 $\Lambda g_{\mu\nu}$ 是宇宙学项,其中 Λ 被誉为宇宙学常数。 $\Lambda g_{\mu\nu}$ 具有排斥力,它是爱因斯坦为了保持我们宇宙中引力和斥力的平衡后来才加进去的。^[4] 为了便于分析, $T_{\mu\nu}$ 可分为下面三项:

$$T_{\mu\nu} = T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu} + T^3_{\mu\nu} \quad (2)$$

按照当今的较准确的观测和理论计算, $T^1_{\mu\nu} \approx 4\%T_{\mu\nu}$,^[3] $T^1_{\mu\nu}$ 代表可见的有引力的普通物质,如星星星际间物质等。根据对许多星系旋转速度分布的观测和理论计算, $T^2_{\mu\nu} \approx 22\%T_{\mu\nu}$,^[3] i.e. $T^2_{\mu\nu} \approx (5 \sim 6) T^1_{\mu\nu}$ 。 $T^2_{\mu\nu}$ 代表有引力的不可见的暗物质。 $T^3_{\mu\nu} \approx 74\% T_{\mu\nu}$,^[3] 它就是除 $(T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu})$ 之外的所谓的暗能量。暗能量与 $(T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu})$ 一起的总量必需品能保持我们宇宙的平直性和 $(\Omega \rightarrow 1)$, 即 $\Omega = \rho_r / \rho_0 \approx 1$ 。因为 Guth 和 Linde 所提出的宇宙暴涨论的预言以及宇宙动力学均要求宇宙的平直性和 $\Omega = \rho_r / \rho_0 \approx 1$, 也就是要求宇宙的实际密度 ρ_r 必须极为接近其临界密 ρ_0 。近来,许多较准确的观测已证实 $\Omega = 1.02 \pm 0.02$ ^[4] 而较好地符合理论的要求。当然,这里所提到的暗能量是指具有**有引力暗能量**。

然而,为了解释新近对遥远的 Ia 型超新星爆发所发现的宇宙的加速膨胀,许多科学家提出了一些新理论。他们将 $(T^3_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu})$ 合并到一起成为 $\Lambda g_{\mu\nu}$, 认为 $\Lambda g_{\mu\nu}$ 是 $(T^3_{\mu\nu} = 74\%T_{\mu\nu})$ 而具有排斥力的未知的和神秘的暗能量。新理论最著名的代表是量子场论。在该理论中,把 $(T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu} = 0)$ 当作真空状态,或者说最低能量状态或量子场的基本态,^[4] 也是微观宇宙的零点能。而将宇宙中 $(T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu} \neq 0)$ 的宏观能量物质即普通物质作为量子场的激发态。对宇宙真空状态的观测到是非常符合于 $(T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu}) = 0$, 于是, $\Lambda g_{\mu\nu}$ 正好作为具有排斥力的 $T^3_{\mu\nu}$ 的真空能。不幸的是,按照量子场论所计算的 $\Lambda g_{\mu\nu}$ 值比

在真空中实际的观测值要大 10^{120} 倍. 由于这种原因,用量子场论来解爱因斯坦的广义相对论场方程就会遇到无法克服的困难. 很显然,由量子场论所计算出来的如此庞大的真空能量值是无法保持宇宙的平直性和使张量 $G_{\mu\nu}$ 在爱因斯坦的广义相对论场方程中与实际观测值相符合. 量子场论似乎把真空能量当作“无限的免费午餐”. 在宇宙中任何一点究竟储藏有多少真空能量和能被取出来多少? 为什么从真空中出来的负能量不和宇宙中现有的正能量发生湮灭? 如何使 74% 的具有负能的暗能量 $\Lambda g_{\mu\nu}$ 保持宇宙的真实平直性? 用量子场论解决上述问题就难免不违反宇宙的根本规律—因果律. 由此可见,任何新理论,包括量子场论在内,如要恰当的解释我们宇宙的加速膨胀就必不可违反宇宙的平直性,而且要使 Ω 比当今的准确的观测值 ($\Omega = 1.02 \pm 0.02$)^[4]还要准确.

其实,一些科学家和一些观测并不支持有“神秘暗能量”或“有排斥力的暗能量”的存在.

意大利国家核物理研究所的里奥托称:“宇宙的加速膨胀不需要神秘暗能量,它只不过是忽略的大暴涨后的膨胀效应.”^[5]

欧洲航天局的 XMM 牛顿天文望远镜的科学家们观测到了炽热气体在古老星系团和年青星系团中的比例是一样的,他们认为只有宇宙中不存在暗能量才能解释这种现象.^[6] 然而,现今 $(T^1_{\mu\nu} + T^2_{\mu\nu})$ 的总量是太少了,不足以维持宇宙的平直性和使宇宙的实际密度 ρ , 极为接近其临界密 ρ_0 . 因此, $T^3_{\mu\nu} / T_{\mu\nu} \approx 74\%$ 是维持宇宙的平直性所必需的. 但是,这里的 $T^3_{\mu\nu}$ 应当是那些未被观测到的和看不见的而有正能的暗能量.^{[3][4]}

在 2007 年 1 月 8 日,一个美国科学研究小组宣布,经过几年的努力,他们首次绘出了我们宇宙暗物质的三维图. 他们指出,在我们宇宙,大约有 1/6 是可见物质,其余的 80% 以上都是暗物质.^[7] 他们实际上否定了暗能量的存在.

近代宇宙学通常将宇宙学项并入物质场的能量-动量张量,这就相当于引进一个能量密度的能量-动量分布: 即 $\rho\Lambda = \Lambda/8\pi G$, 或者 $\rho\Lambda = -\Lambda/8\pi G$.^[4] 因而近代宇宙学从引进 $\rho\Lambda$ 和 $\rho\Lambda$ 已经实际上认为热能的排斥力是宇宙中引力的天然的对抗者. 因此,近代宇宙学是无需用排斥力的暗能量的.

III. 黑洞在吞噬外界物质或与其它黑洞碰撞后的膨胀规律

根据施瓦兹恰尔德对广义相对论的特殊解,任何真正的引力黑洞或者说施瓦兹恰尔德黑洞(RCBH),即无电荷无旋转和球对称黑洞存在的必要条件是:

$$R_b = 2GM_b/C^2, \text{ or } R_b C^2/2G = M_b \quad (3)$$

M_b —黑洞的质量, R_b —黑洞的施瓦兹恰尔德半径, C —光速, M_0 —太阳质量, C —引力常数,

A. 当黑洞吞噬外界物质时,

$$M_b = 4\pi\rho_b R_b^3/3 \quad (4)$$

从公式(3)和(4),

$$3C^6 = 32\pi G^3 \rho_b M_b^2 \quad (5)$$

$$dR_b = (2G/C^2)dM_b \quad (6)$$

$$dR_b/dt = (2G/C^2) dM_b/dt \quad (6a)$$

公式(3), (4), (5)和(6)表明,当 M_b 由于吞噬外界物质而增加 10 倍时,其密度 ρ_b 会降低 100 倍,而 R_b 增加 10 倍.

黑洞视界两对面对应的相对膨胀速度 V_b 是: $V_b = 2dR_b/dt$, 因此,

$$V_b = (4G/C^2) dM_b/dt \leq 2C \quad (6b)$$

在 $dR_b/dt = C$ 的条件下,当 $dt = 1$ 秒时, $dM_b/dt = 2 \times 10^{38}$ g/sec, 这相当于每秒吞噬外界物质达到 10^5 太阳. 所以 $V_b = 2C$ 可能是一个黑洞每秒吞噬外界物质所能达到的最高速度. 当无外界物质可吞噬时, $V_b = 0$.

黑洞视界的膨胀的加(或减)速度 a_b 是: $a_b = dV_b/dt$, 于是,

$$a_b = (4G/C^2) d^2 M_b/dt^2 \quad (6c)$$

公式(6c)表明,黑洞视界的加(或减)速膨胀 a_b 直接正比例于其每秒吞噬外界物质的增多或减少. 因此,黑洞吞噬外界物质所造成的加(或减)速膨胀是其正常的活动的表现. 从公式(3)和(6),

$$R_b + dR_b = (2G/C^2)(M_b + dM_b) \quad (6d)$$

B. 从公式(3), 如果两个黑洞 M_{b1} 和 M_{b2} 碰撞以后, R_{b1} 和 R_{b2} 分别是其施瓦兹恰尔德半径, 于是, $R_{b1}C^2/2G = M_{b1}$, $R_{b2}C^2/2G = M_{b2}$, 结果为:

$$M_{b1} + M_{b2} = (R_{b1} + R_{b2}) C^2/2G \quad (7)$$

这样一来,一个新的黑洞形成了,其质量是 $M_{bn} = M_{b1} + M_{b2}$, 其施瓦兹恰尔德半径是 $R_{bn} = (R_{b1} + R_{b2})$.

结论: 从公式(6d) and (7)可见,一旦一个黑洞形成了,不管它是增多或减少其质量,或甚至与其它黑洞相碰撞,它仍然是一个黑洞,在它最后收缩成为 10^{-5} g 的最小黑洞(MGBH)而消失前,它将永远是一个黑洞.^{[1][2]}

IV. 我们宇宙一直就是一个真实的宇宙黑洞(UBH).

为了解释我们宇宙作为一个真实的宇宙黑洞(UBH)的特性,两个较精确地有关我们宇宙的观测数据将采用如下. (a). 我们宇宙从大爆炸到现在的年龄 A_u 是: $A_u = 13.7 \times 10^9$ yrs.^[3] (b). 哈伯常数, $H_0 = (0.73 \pm 0.05) \times 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ^[4]. 如果上述两个数据较可靠的话,可得出如下结果. (a). 如果我们的银河系处在足够大的宇宙中,则我们宇宙现今的可视半径 R_{uv} 是: $R_{uv} = C \times A_u = 1.3 \times 10^{28}$ cm, 就是说,可观测的最远的星云离我们大约 1.3×10^{28} cm, 这就是光在我们宇宙年龄 A_u 内的行程, 我们宇宙的可视视界为 $2R_{uv}$. (b). 我们宇宙的实测密度 ρ_r 为: $\rho_r = 3 H_0^2 / (8\pi G) \approx 10^{-29}$ g/cm³.

A. 现在按照实测密度 $\rho_r \approx 10^{-29} \text{g/cm}^3$, 我们宇宙黑洞 (M_{ub}) 可按黑洞公式计算出来. 设 M_{ub} 是我们宇宙黑洞的能量物质的总量, R_{ub} 是起施瓦兹恰尔德半径. 从公式(3) $R_{ub}C^2/2G = M_{ub}$, 和公式(4) $M_{ub} = 4\pi\rho_r R_{ub}^3/3$, 和 $\rho_r \approx 10^{-29} \text{g/cm}^3$, 可算出, 我们宇宙黑洞的组成是: $M_{ub} = 8.5 \times 10^{55} \text{g}$, $R_{ub} = 1.265 \times 10^{28} \text{cm}$, $\rho_r \approx 10^{-29} \text{g/cm}^3$.

B. 证实我们宇宙 (M_{ub}) 是真正的宇宙黑洞的确凿证据. 如果我们宇宙 (M_{ub}) 是真正的宇宙黑洞, 它应当由宇宙大爆炸所产生的大量原始的最小黑洞 MGBH (i.e. MGBHs its $M_b \approx 10^{-5} \text{g}$, $R_b \approx 1.5 \times 10^{-33} \text{cm}$, $T_b \approx 0.65 \times 10^{32} \text{K}$, 参考 [1]) 所组成, 设 MGBH 的总数 N_{ub1} 是: $N_{ub1} = M_{ub}/M_{GBH} = 8.5 \times 10^{55}/10^{-5} = 8.5 \times 10^{60}$. 同时, 从公式(7)可见, $N_{ub2} = R_{ub}/R_b = 1.265 \times 10^{28} \text{cm}/1.5 \times 10^{-33} \text{cm} = 8.43 \times 10^{60}$. 由于 $N_{ub1} = N_{ub2}$, 这就是确凿的证据表明我们宇宙是一个真正巨大的宇宙黑洞--UBH.

C. 宇宙的平直性和 ($\Omega = \rho_r / \rho_o \approx 1$) 是宇宙黑洞的本性: 按照哈伯定律, 在我们宇宙, 距离任何一点 P 为 R_p 的相对膨胀速度 V_p 为, H_0 --哈伯常数,

$$V_p = H_0 R_p \quad (8)$$

从公式(3)和(4), 在黑洞视界上, 当 R_p 延伸到 R_{ub} 时, $V_p = C$, 于是,

$$H_0^2 = 8\pi G \rho_o / 3 \quad (9)$$

既然我们宇宙是一个真正的宇宙黑洞, 它就必然是一个封闭的球体; 因此, ρ_o 就是我们宇宙黑洞的临界密度, 从公式(3)和(4)可知, 它是单值且仅由 M_{ub} 或 R_{ub} 所决定^[2] 然而, 宇宙的实际密度 ρ_r 也是来自同一个观测的 H_0 , i.e. $H_0^2 = 8\pi G \rho_r / 3$. 其必然结果是: ρ_r 应完全等于公式(9) ρ_o . 所以, ($\Omega = \rho_r / \rho_o = 1$) 是宇宙黑洞的本性. 反过来, $\Omega = \rho_r / \rho_o = 1$ 也可证明我们宇宙是一个真正的宇宙黑洞.

D. 由于 $R_{ub} < R_{uv}$ ($R_{ub} = 1.265 \times 10^{28} \text{cm}$, $R_{uv} = C \times A_u = 1.3 \times 10^{28} \text{cm}$), 人类可观测到的最远的边界只能是宇宙黑洞的视界半径 R_{ub} , 而不是虚构的宇宙黑洞 M_{uv} 的视界半径 R_{uv} .

设 ρ_{ov} 被不同于黑洞理论的其它理论定义为宇宙的临界密度, 严格的说, 公式(3) 不能用于决定 ρ_{ov} , 因为在我们宇宙黑洞之外的 M_{uv} 的真实状况是无法知道的. 然而, 近代宇宙学中, ρ_{ov} 实际上是一个假想值, 而按照公式(3) 和(4)从虚构的 M_{uv} 和 R_{uv} 计算出来. 于是, M_{uv} , R_{uv} and ρ_{ov} 被人为的形成了一个虚构的而大于我们的以确定的 R_{uv} 为视界半径的虚宇宙黑洞 (M_{uv}). 虚宇宙黑洞的组成是: $R_{uv} = 1.3 \times 10^{28} \text{cm}$, $M_{uv} = 8.77 \times 10^{55} \text{g}$, $\rho_{ov} = 0.95 \times 10^{-29} \text{g/cm}^3$. 因此, 所谓的 Ω 就成为: $\Omega = \rho_r / \rho_{ov} = 10^{-29} \text{g}/0.95 \times 10^{-29} = 1.05$. 然而, 这里的 ρ_r / ρ_{ov} 实际既是两个宇宙黑洞的密度之比, 而不是一个宇宙黑洞的实际密度与其临界密度之比. 只是由于现今 $R_{ub} \approx R_{uv}$, $M_{ub} \approx M_{uv}$, $\Omega = \rho_r / \rho_{ov} \approx 1$, Ω 才被多数宇宙学者们用来作为判断宇宙未来命运的判别式: 是封闭宇宙还是开放宇宙. 既然我们宇宙如上所证明是一个真实的宇宙黑洞, 它就是一个封闭宇宙, 定义一个宇宙黑洞的 Ω 是没有意义的.

因此, 我们现在可见的宇宙是我们的宇宙黑洞-- M_{ub} , 而不是虚宇宙黑洞-- M_{uv} .

如果我们宇宙黑洞 (M_{ub}) 之外还有足够多的能量物质可供吞噬, 在 n 年之后, M_{ub} 将扩大到现在的虚宇宙黑洞 M_{uv} . $n = (R_{uv} - R_{ub})/C = (1.3 \times 10^{28} - 1.265 \times 10^{28})/3 \times 10^{10} = 3.7 \times 10^8 \text{yrs}$. 然而, 到那时, 宇宙年龄 A_u 将不是现在的 13.7×10^9 年, 而是 $A_u + n = 14.07 \times 10^9$ 年.

E. 我们宇宙黑洞的视界 ($2R_{ub} = 2.53 \times 10^{28} \text{cm}$) $\leq (2R_{uv} = 2C \times A_u = 2.6 \times 10^{28} \text{cm})$. 这表明宇宙黑洞的视界的相对膨胀速度从大爆炸到现在平均几乎等于 $2C$.

V. 我们宇宙的加速膨胀(AEOU)是由于两大宇宙黑洞在其早期的碰撞所造成的.

从上述的论证可知, 既然我们现在的宇宙是宇宙黑洞 M_{ub} , 而不是虚宇宙黑洞 M_{uv} . 因此, 我们宇宙的加速膨胀 AEOU 就是我们宇宙黑洞 M_{ub} 的加速膨胀 AEOU BH.

我们宇宙的加速膨胀 (AEOU) 是通过遥远的 Ia 型超新星爆炸的观测所发现的. AEOU 是发生在大爆炸的约 5×10^9 年之后而距今约 9×10^9 年. 下面 AEOU 将被两个宇宙黑洞 (UBHs) 的碰撞来解释和论证.

假设在 9×10^9 年以前, 我们的小宇宙黑洞 M_{ub1} 与另一个大宇宙黑洞 M_{ub2} 发生碰撞或掉入其内, 会发生什么事呢?

设 M_{ub1} 是小宇宙黑洞的总质量, R_{ub1} 是其施瓦兹恰尔德半径, N_{o1} 是组成 M_{ub1} 的 MGBHs ($M_b \approx 10^{-5} \text{g}$, $R_b \approx 1.5 \times 10^{-33} \text{cm}$, $T_b \approx 0.65 \times 10^{32} \text{K}$) 总数.

设 M_{ub2} 是大宇宙黑洞的总质量, R_{ub2} 是其施瓦兹恰尔德半径.

对 M_{ub1} 和 M_{ub2} 碰撞后的分析如下.

A. 一旦小 M_{ub1} 与大 M_{ub2} 在约 9×10^9 年前发生碰撞, 从公式(7)可知, $M_{ub1} + M_{ub2} = (R_{ub1} + R_{ub2})^2/2G$, 这就是说, M_{ub2} 由于俘获 M_{ub1} 必定增大其施瓦兹恰尔德半径到 $(R_{ub2} + R_{ub1})$. 于是, M_{ub2} 在 Δt 时间内得到一个视界的膨胀速度 V_{ub22} , $V_{ub22} = R_{ub1}/\Delta t$. 又假如 M_{ub2} 的视界在碰撞前未充分膨胀到 R_{ub2} , M_{ub2} 就应有一个原始暴涨的膨胀余波速度 V_{ub21} . 又假如 M_{ub2} 外有能量物质可供吞噬, 它就又有有一个膨胀速度 V_{ub23} . 因此, M_{ub2} 的视界的总膨胀速度 V_{ub2} 是: $V_{ub2} = (V_{ub21} + V_{ub22} + V_{ub23})$.

B. 回头来看我们原始的 M_{ub1} , 一旦原始的 M_{ub1} 在约 9×10^9 年前与 M_{ub2} 相碰撞, 它就能从 M_{ub2} 吞噬能量物质, 从公式(7)可知, M_{ub} 是从 M_{ub1} 发展出来的现有的宇宙黑洞, 于是, $M_{ub} = M_{ub1} + \Delta M_{ub12} + \Delta M_{ub13} = (R_{ub1} + \Delta R_{ub12} + \Delta R_{ub13})^2/2G = R_{ub}^2/2G$. 假如 M_{ub1} 在碰撞前未充分膨胀到 R_{ub1} , M_{ub1} 就应有一个原始暴涨的膨胀余波速度 V_{ub11} . 在通常情况下, M_{ub1} 只能从 M_{ub2} 吞噬能量物质 ΔM_{ub12} , 这将导致 R_{ub1} 膨胀 ΔR_{ub12} 和得到膨胀速度 $V_{ub12} = \Delta R_{ub12}/\Delta t$. 然而, 由于 M_{ub2} 有总膨胀速度 $V_{ub2} = (V_{ub21} + V_{ub22} + V_{ub23})$, M_{ub2} 能使 M_{ub1} 产生一个附加的空间膨胀 ΔR_{ub13} , 而导致 M_{ub1} 吞噬更多的能量物质 ΔM_{ub13} . 因此, M_{ub1} 会得到一个附加的空间膨胀速度 $V_{ub13} = \Delta R_{ub13}/\Delta t$. 结果, M_{ub1} 的视界的总膨胀速度 V_{ub1} 是: $V_{ub1} = V_{ub11} + V_{ub12} + V_{ub13}$.

结论: 由于小宇宙黑洞 M_{ub1} 与另一个大宇宙黑洞 M_{ub2} 相碰撞, 而 M_{ub1} 从 M_{ub2} 吞噬能量物质达 90 亿年之久. 由此可见, 小宇宙黑洞 M_{ub1} 加速膨胀的主要原因是 M_{ub2} 的总膨胀速度 V_{ub2} 使 M_{ub1} 产生的空间膨胀速度 V_{ub13} , 其次原因是从大宇宙黑洞 M_{ub2} 不断地吞噬大量的能量物质而得到 V_{ub12} . 如果没有 9×10^9 年前发生的碰撞, 我们原始的 M_{ub1} 决不会长大, 而反会因发射霍金辐射变得稍为小一点点. 由于现在的 $R_{bu} \approx C \times A_u$, 这表明我们宇宙黑洞视界平均的膨胀速度已几乎达到 $2C$. 因此, 按照公式(7)的原理, 原始宇宙黑洞 M_{ub1} 与现今宇宙黑洞 M_{ub} 之比是: $M_{ub1}/M_{ub} \approx (13.7 \times 10^9 - 9 \times 10^9) / 13.7 \times 10^9 \approx 4.7 \times 10^9 / 13.7 \times 10^9 \approx 34.3\%$, 相应地, M_{ub1} 的原始 R_{ub1} 是: $R_{ub1}/R_{ub} \approx 34.3\%$; 从 9×10^9 年前直到现在 M_{ub1} 增加的质量 ΔM_{ub} 是: $\Delta M_{ub}/M_{ub} \approx 9 \times 10^9 / (13.7 \times 10^9) \approx 65.7\%$, 而增加的 ΔR_{ub} 是: $\Delta R_{ub}/R_{ub} \approx 65.7\%$. 如是,

$$\begin{aligned} M_{ub1}/M_{ub} &\approx 34.3\%, & R_{ub1}/R_{ub} &\approx 34.3\% \\ \Delta M_{ub}/M_{ub} &\approx 65.7\%, & \Delta R_{ub}/R_{ub} &\approx 65.7\% \quad (10) \end{aligned}$$

VI. 两类黑洞的不同的演变过程和相同的最后命运,

A. 质量大于 $3M_0$ 的致密恒星塌缩成黑洞的演变过程简单扼要地叙述如

当一个质量大于 $3M_0$ 的致密超星爆炸塌缩后, 其余烬会成为一个黑洞, 其所有的能量物质 M_b 将扩充到 R_b 内的空间. (注释: 大多数科学家们认为在任何黑洞中心均有一个奇点,^[9] 但作者已确认黑洞中心绝不可能存在奇点.^{[1][2]}) 根据霍金的黑洞理论, 如果黑洞外部有能量物质, 它将被黑洞最终完全地吞噬进去. 同时, 黑洞会扩展它的体积和 R_b , 降低其温度. 如果黑洞外已无任何能量物质, 黑洞只能发射霍金辐射而极其缓慢地收缩其体积, 提高其温度, 以至最终收缩成为最小引力黑洞, 即 MGBH, ($m_b \approx 10^{-5}g, R_b \approx 1.5 \times 10^{-33}cm, T_b \approx 0.65 \times 10^{32}K$, 参见 [1]). 一旦黑洞收缩成为 MGBH 就不再收缩, 而是立即在最强烈的爆炸中解体和消失, 这是所有黑洞最后的共同命运, 因为在 MGBH 内由高温所产生的排斥力大大地超过了其总能量物质的引力.^{[10][11][2]}

根据霍金的黑洞理论, 任一个黑洞的寿命 τ_b (从黑洞 M_b 的形成到收缩成为 MGBH) 是:

$$\tau_b \approx 10^{-27} M_b^3 (s) \quad (11)$$

例如, 一个质量 $\approx 3M_0$ 的致密恒星塌缩成黑洞, 当其外界无能量物质时, 其寿命 $\tau_b \approx 2 \times 10^{65}$ 年.

$$d\tau_b \approx 3 \times 10^{-27} M_b^2 dM (s) \quad (11a)$$

假设我们现今宇宙黑洞 $M_{ub} = 8.5 \times 10^{55}g$, 而且外界已无能量物质可供吞噬并开始发射霍金辐射. 一年之后, 即 $d\tau_b = 1$ 年, 我宇宙黑洞所损失的质量约为: $dM \approx 3 \times 10^7 \times 10^{27} / [3 \times (8.5 \times 10^{55})^2] \approx 10^{-74}g/yr$.

B. 我们宇宙黑洞(UBH)的演变过程.

我们宇宙作为一个宇宙黑洞(UBH-- M_{ub})的演变过程是与上述由致密恒星塌缩成黑洞的演变过程大不相同的. 作者在以前的文章<<对黑洞和大爆炸的新概念—两者都无奇点>>^{[1][2]}中指出, 13.7×10^9 年前, 我们宇宙诞生于极大量的 ($N_{ub1} = N_{ub2} = 8.5 \times 10^{60}$, see IV) 原始最小引力黑洞 MGBHs, (其 $M_b \approx 10^{-5}g, R_b \approx 1.5 \times 10^{-33}cm, T_b \approx 0.65 \times 10^{32}K$) 的合并所产生的大爆炸, 而后演变膨胀至现在的宇宙.^[1]

我们宇宙作为一个宇宙黑洞 (UBH-- M_{ub}) 未来的命运和寿命取决于其外面是否仍然有能量物质可被吞噬. 如果现在已无能量物质在外面, 我们宇宙黑洞就只能发射霍金辐射而极其缓慢地收缩其体积, 提高其温度, 经过极长的 τ_b 年后, M_{ub} 会最终收缩成为最小引力黑洞 (即 MGBH), 而立即在最强烈的爆炸中解体和消失. 如果现今的 $M_{ub} = 8.5 \times 10^{55}g$, 则 $\tau_b > 10^{-27} M_{ub}^3 = 10^{-27} \times (8.5 \times 10^{55})^3 > 10^{133}$ 年.

然而我们宇宙黑洞现在还在膨胀. 这表明在宇宙黑洞外仍然有大量能量物质可供吞噬. 宇宙黑洞还要继续长大. 直到所有外界能量物质被吞噬完后, 宇宙黑洞就会停止膨胀, 而后发射霍金辐射, 极其缓慢地收缩其体积, 提高其温度, 以至最终收缩成为最小引力黑洞后 (即 MGBH, 其 $M_b \approx 10^{-5}g$) 而在最强烈的爆炸中解体和消失.

虽然两种黑洞有不同的演变过程, 但它们最终都会收缩成为最小引力黑洞后 (即 MGBH, 其 $M_b \approx 10^{-5}g$) 而在最强烈的爆炸中解体和消失. 这就是它们共同的命运.

VII. 在我们宇宙, 所有的能量物质粒子都同时具有引力和热能所产生排斥力. 各个粒子之间都有这两种力同时作用着, 以维持在各种不同条件下的平衡. 宇宙中无需有排斥力的暗能量, 它们也可能真的不存在.

在我们宇宙中, 现在所有的黑洞 BH 包括我们宇宙黑洞 UBH 都是具有极长寿命的稳定实体. 既然如此, 每个黑洞内部的平衡和稳定是很重要的. 在宇宙中, 每个能量物质粒子都同时有质量所产生的引力和温度所产生的热排斥力, 甚至中微子和光也不例外, (任何光都有其等效的质量 $m_s, m_s = h/c\lambda$, 对于热, $m_s = \kappa T/c^2$). 引力和热压力总是不可分离的共存于各种粒子中. 因此, 任何黑洞的内部平衡都是其引力和热压力在各种不同条件下对抗达到其动态平衡的结果.

我们宇宙黑洞内, 任何较稳定的原始星云和星系团中, 在理想的球对称的条件下, 任何一点的粒子 m_s 的引力与其热压力 P 说应当达到热动力平衡. ρ —密度, G —引力常数, κ —波尔兹曼常数, R —质量中心和 m_s 的距离, M —在 R 为半径的球内的总质量,

$$dP/dR = -GM\rho/R^2 \quad (12)$$

$$P = n\kappa T = \rho\kappa T/m_s \quad (13)$$

我们宇宙黑洞内, 公式(12)和(13)可普遍地应用于星系和星系团的气态部分, 与其中心有无超重级黑洞没有关系. 此二公式与其它边界条件公式一起曾被作者成功地用于解决了任何黑洞包括宇宙黑洞中的许多重大问题.^[2] 此二公式表明, 在任何黑洞内, 热能的排斥力的增加永远地在对抗着能量物质的引力收缩. 甚至白矮星和中子星都是在特殊条件下热能

的排斥力和能量物质的引力对抗达到平衡的结果(可参考 Tolman-Oppenheimer-Volkoff 方程). 在我们宇宙内,任何物体的解体的爆炸都是其内部的热压力大大地超过其引力的结果.

我们宇宙黑洞内,除了引力之外,还有其它的三种作用力,即电力,弱作用力和强作用力. 它们可在极短的距离内将粒子组成极坚实的物体,如金刚石,白矮星和中子星等.这些作用力的改变也会改变粒子的热状态即温度. 然而,只有引力和热压力在不同条件下的平衡才在宇宙的演变过程中起决定作用. 足够大量的高密度能量物质能压垮任何坚实的物体而继续塌缩成为黑洞.一旦一个致密恒星塌缩成为黑洞,它不再收缩,会因吞噬外界能量物质而膨胀.在黑洞内,只有由于引力收缩所形成的高温压力才能对抗引力的进一步收缩.

由此可见,在我们宇宙内,根本无需引进有排斥力的暗能量以对抗引力收缩.

VIII. 下面将做进一步的分析和论证并得出一些有益的结论.

虽然前面的论证和计算多为定性分析,而远非是精确的完善的定量分析. 然而,只要观点的基础可靠,还是可以得出许多重要而有意义的结论.

A. 按照上面的计算, 我们宇宙黑洞现在的年龄 $A_u = 13.7 \times 10^9$ 年,其平均的视界的膨胀速度 V_{ub1} 几乎达到 $2C$,即 $V_{ub1} \approx 2C$ (在 A_u 内的平均值) 或者 $R_{ub} \leq (C \times A_u = R_{uv})$. 这表明我们宇宙黑洞的质量中心有足够的时间将其中心引力传递到整个视界上的质点. 于是, $(R_{uv} = C \times A_u \geq R_{ub})$ 就是现在我们宇宙黑洞存在的必要条件,这也就是我们宇宙或者说宇宙黑洞保持其平直性的必要条件. 一旦若 $R_{ub} > R_{uv}$, 这就表明宇宙黑洞内某些部分 $(R_{ub} - R_{uv})$ 的质点将不受中心引力的作用,而造成黑洞的不稳定.

B. 在我们宇宙黑洞的演变过程中,有两种不同的膨胀形式. $(V_{ub1} > 2C)$ 的膨胀可能仅由黑洞之间的碰撞或合并所产生的短暂地空间膨胀造成.例如, $V_{ub1} \gg C$ 就发生在大爆炸后的暴涨瞬间. 那时,极大量的最小引力黑洞(即 MGBH, 其单个质量 $= 10^{-5}g$) 的合并造成了整个新生宇宙的空间大膨胀.^[1] 这种空间膨胀完全不同于以后黑洞吞噬外界能量物质的视界膨胀. 视界膨胀是不可能产生 $(V_{ub1} > 2C)$ 和 $(R_{uv} < R_{ub})$ 的情况. [参考 (6b), $V_b \leq 2C$].

C. 由于 $R_{uv} = C \times A_u = 1.3 \times 10^{28}cm$, 这计算来自 $A_u = 13.7 \times 10^9$ 年. 然而, $R_{ub} = 1.265 \times 10^{28}cm$ 却来自哈伯常数 $H_0 = (0.73 \pm 0.05) \times 100kms^{-1}Mpc^{-1}$. R_{uv} 和 R_{ub} 的数值相差是如此之小,这使我们无法准确地判断 V_{ub1} 的膨胀速度现在是等于 $2C$ 还是稍小于 $2C$. 如果 $V_{ub1} = 2C$, 这表明我们宇宙黑洞 M_{ub} 外尚有充足的能量物质可供吞噬. 如果 V_{ub1} 稍小于 $2C$, 这表明我们宇宙黑洞 M_{ub} 外的能量物质已经减少,以后就可能愈来愈少. [见公式(6b) 和 (6c)].

D. 当我们原始宇宙黑洞 M_{ub1} 在与 M_{ub2} 碰撞后,在 90 亿年间由于吞噬能量物质而增多的质量 ΔM_{ub} 在通过黑洞视界后会完全转变成能量.按照公式 (10), $\Delta M_{ub} / M_{ub} = 65.7\%$, 和 $M_{ub1} / M_{ub} = 34.3\%$. 那么,所有由 ΔM_{ub} 转变成的能量是否就是现在宇宙中有引力的暗能量呢? 而现在宇宙中的可见物质和暗物质的总和是否就是来自我们原始宇宙黑洞 M_{ub1} ? 如果假想 我们原始宇宙黑洞 $M_{ub1} = 26\% M_{ub} = T^1\mu v + T^2\mu v$ (参见 II), 和 $\Delta M_{ub} = 74\% M_{ub} = T^3\mu v$, 那将如何?

E. 不管 M_{ub2} 现在仍有多少能量物质,它的总量终究是有限的. 一旦在未来达到 $M_{ub} = M_{ub1} + M_{ub2}$ 而且 $R_{ub} = R_{ub1} + R_{ub2} = (M_{ub1} + M_{ub2})2G/C^2$ 时,就达到了 $V_{ub} = 0$ 的完全膨胀. 而后就会发射霍金辐射并开始收缩,直到最后收缩成为 $10^{-5}g$ 的 MGBH 而立即在最强烈的爆炸中消失.

IX. 我们与宇宙的膨胀模式.

A. (a) 如果 90 亿年前我们原始宇宙小黑洞 M_{ub1} 和宇宙大黑洞 M_{ub2} 没有发生碰撞,又如果 M_{ub1} 外边没有能量物质, M_{ub1} 就会一直是一个孤立的宇宙黑洞,它只能在大爆炸后由暴涨产生的余波而减速膨胀. 在充分膨胀后,按照公式(10),如果 $M_{ub1} / M_{ub} \approx 34.3\%$, $R_{ub1} / R_{ub} \approx 34.3\%$, R_{ub1} 就会在 90 亿年前达到 $R_{ub1} = 2GM_{ub1}/C^2$, 此时 $V_{ub1} = V_{ub1} = 0$ 而停止膨胀. (b). 此后 M_{ub1} 就不再膨胀,反而由于持续地发射霍金辐射而极其缓慢的收缩,减小其质量,直到最后 M_{ub1} 收缩成为 $10^{-5}g$ 的 MGBH 而立即在最强烈的爆炸中解体 and 消失. 我们原始宇宙小黑洞 M_{ub1} 在暴涨后直到其最后消失就决不会再出现加速膨胀. 因此,在这种模式不是我们宇宙的膨胀模式.

B. 既然现在宇宙黑洞 M_{ub} 的 $R_{ub} \approx C \times A_u$, 而其视界的膨胀的平均速度 V_{ub1} 在宇宙年龄 A_u 内几乎达到 $V_{ub1} = 2C$, 故必然会在长期的 A_u 时间内,在不同的特别时期会出现 $(V_{ub1} > 2C)$ 或 $(V_{ub1} < 2C)$ 的情况. 宇宙黑洞视界的膨胀速度 $V_{ub1} > 2C$ 情况的出现应有两次. (a). $V_{ub1} \gg 2C$ 的极大极快的膨胀出现在大爆炸后的暴涨瞬间,因大量的原始小黑洞 MGBH 的合并造成整个宇宙的空间大膨胀. (b). $V_{ub1} > 2C$ 会出现在 90 亿年前,那时我们原始宇宙小黑洞 M_{ub1} 的减速膨胀速度已经达到 $V_{ub1} = V_{ub1} = 0$ 而停止了膨胀. 当 M_{ub1} 与 M_{ub2} 碰撞后,从那时起到现在,如要保持平均膨胀速度 $V_{ub1} = 2C$, 就会由碰撞后产生的空间膨胀在一段短时间内必然由 $V_{ub1} = 0$ 达到 $V_{ub1} > 2C$, 因为碰撞后一方面 M_{ub2} 的膨胀造成 M_{ub1} 的空间膨胀,另一方面, M_{ub1} 又从 M_{ub2} 吞噬大量的能量物质. (参考第 V 节). 由此可见,只有黑洞的碰撞和合并,才有可能使黑洞产生空间膨胀和可能使黑洞视界膨胀速度加速到 $(V_{ub1} > 2C)$.

(c). 既然 $V_{ub1} > 2C$ 已经两次发生在宇宙年龄 A_u 内,为了能保持 $R_{ub} \approx C \times A_u$, 而原始宇宙黑洞 M_{ub1} 的 $[V_{ub1} < 2C$ 到 $V_{ub1} \rightarrow 0]$ 也必然会发生在大爆炸后到 90 亿年前与 M_{ub2} 碰撞前的这段长时期内. 由于在此期间我们原始宇宙小黑洞 M_{ub1} 无能量物质可吞噬,它只能靠大爆炸后的暴涨所产生的 $V_{ub1} \gg 2C$ 的膨胀余波减速到 $V_{ub1} < 2C$ 而后一直减速到碰撞前达到 $V_{ub1} = V_{ub1} = 0$ 的完全膨胀. 如果 $M_{ub1} = 34.3\% M_{ub}$ [见公式 (10)], R_{ub1} 将从暴涨后的 $R_{ub1} \ll 34.3\% R_{ub}$ 将减速膨胀到两黑洞碰撞时的 90 亿年前,真好达到 $R_{ub1} = 34.3\% R_{ub}$ 而停止膨胀. (d). 当我们原始宇宙小黑洞 M_{ub1} 在 90 亿年前与 M_{ub2} 碰撞后就会又产生一次 $V_{ub1} > 2C$ 视界的加速膨胀. 如上面的(b)小节所述. (e). 当 $V_{ub1} > 2C$ 加速膨胀达到极限后,就会靠 $V_{ub1} > 2C$ 后的余波而减速膨胀,直到从 $V_{ub1} > 2C$ 的膨胀减速到在某一时间而达到 $V_{ub1} = 2C$ (比如说在 70 亿年前). (f). 从此以后,我

们宇宙黑洞 M_{ub} (M_{ub} 是 M_{ub1} 与 M_{ub2} 在碰撞后转变而来)就会由于吞噬足够大量的能量物质而以 $V_{ub1} \approx 2C$ 的膨胀速度膨胀到现在.当然,这中间也可能出现由 $V_{ub1} > 2C$ 到 $V_{ub1} \approx 2C$ 的几次反复震荡.但是无论如何,视界的空间膨胀速度 V_{ub1} 的涨落必然应当符合 $R_{ub} \approx C \times A_u$ 的总的实际情况.

从上面的分析可知,正是由于我们原始宇宙黑洞 M_{ub1} 于 90 亿年前在碰撞前的长期减速膨胀,而在碰撞后有一段不短的加速膨胀时间,即从 $V_{ub1} = 0$ 加速到 $V_{ub1} > 2C$ 的极限.这就使科学界在 1998 年观测到了我们宇宙在碰撞后的加速膨胀.

结论:上面从(c)到(f)的过程是符合我们宇宙的膨胀模式的。

C. 再假设当我们原始宇宙黑洞 M_{ub1} 在其出生时就等于现在的宇宙 M_{ub} 即 $M_{ub1} = 100\% M_{ub}$,而在宇宙年龄 A_u 内从未与其它宇宙黑洞发生碰撞,也无吞噬外界能量物质,其演变过程应是怎样呢? (a). 新生宇宙在大爆炸后的暴涨会导致我们宇宙视界 R_{uv} 极其小于黑洞视界 R_{ub} , 即 $R_{uv} \ll R_{ub}$. (b). 宇宙黑洞从暴涨后到现在就由暴涨的余波一路地减速,从 $V_{ub1} \gg 2C$ 到 $V_{ub1} \ll 2C$ 直到现在的 $V_{ub1} = 0$ 达到 $R_{ub} = 2GM_{ub}/C^2$ 的完全膨胀,因为现在正好是 $R_{ub} = C \times A_u$. (c). 由于 R_{uv} 正比于宇宙年龄 A_u , 即 $R_{uv} = C \times A_u$, 这将使 R_{uv} 因 M_{ub} 的余波减速膨胀终于在现在赶上 R_{ub} , 即现在达到 $R_{uv} = R_{ub} = C \times A_u$ 和 $V_{ub1} = 0$ 的完全膨胀. (d). 从现在起,宇宙黑洞 M_{ub} 的 R_{ub} 将不再膨胀而发射霍金辐射. M_{ub} 会由于长期不断地发射霍金辐射而逐渐收缩和减少质量直到最后变成 MGBH 而在强烈的爆炸中消失. 这就是说,这个虚设的模式从暴涨后到现在应该是一路上地减速膨胀,而不会有任何加速膨胀出现. **这种模式不是我们宇宙的膨胀模式**

D. 再一种假想的宇宙演变模式是这样的.假设在大爆炸时,我们原始宇宙小黑洞 M_{ub1} 非常的小,从大爆炸到现在的宇宙年龄 A_u 时间内,时时刻刻在吞噬外界的足够多的能量物质,使其能达到几乎 $V_{ub1} \approx 2C$. 这也可以使在现在达到 $R_{ub} \approx R_{uv} = C \times A_u = 1.3 \times 10^{28}$ cm. 但这种演变模式就要否定暴涨,而且在整个演变过程中既无加速,也无减速. 这不符合实际情况,因为大爆炸不能没有暴涨. **这种模式也不是我们宇宙的膨胀模式**

从 A 段到 D 段,我们设想了好几种宇宙的演变模式.但只有 B 段的演变模式较复合实际情况. 这清楚地表明在 90 亿年前出现的宇宙加速膨胀可能确实是由两宇宙黑洞的碰撞造成的.

-----全文完-----

References:

- [1]. Dongsheng Zhang: New Concepts to Big Bang And Black Holes—Both Had No Singularity at All (Part 1)
- [2]. Dongsheng Zhang: New Concepts to Big Bang And Black Holes—Both Had No Singularity at All (Part 2)
Two articles above were published on magazine “Nature and Science”, 2(3), 2(4),3(1), or debate-001, 2004, ISSN:1545-0740, Published by Marsland Company, P.O.Box 753, East Lansing, Michigan, MI 48826 U.S.A.
<http://www.sciencepub.org/nature/debate-001>
<http://www.sciencepub.org/nature/0203> and 0204
<http://www.sciencepub.org/nature/0301>
- [3]. 王义超: 暗能量的幽灵. 中国 <财经> 杂志, 总 176 期, 2007-01-08.
<http://www.caijing.com.cn/newcn/econout/other/2007-01-06/15365.shtml>
- [4]. 卢昌海: 宇宙常数,超对称和膜宇宙论.
<http://www.changhai.org/2003-08-17>
- [5]. 对暗能量理论的挑战: 宇宙的加速膨胀不需要暗能量.
<http://tech.163.com/2005-04--25>
- [6]. 新发现对爱因斯坦的挑战: 暗能量可能不存在. <http://tech.163.com/2006-05-17>
- [7]. 科学家首次绘出了宇宙的 3 维暗物质图. Web.wenxuecity.com/2007-05-21
- [8]. 何香涛: 观测宇宙学. 科学出版社, 中国北京 2002
- [9]. 约翰·格里宾: 大宇宙百科全书. 海南出版社, 2001,5.
- [10]. 约翰·皮尔·卢米涅: 黑洞. 中国 湖南科学技术出版社, 2000.
- [11]. 王永久: 黑洞物理学. 湖南师范大学出版社, 中国 湖南, 2002
- [12]. Dongsheng Zhang: New Explanations to Hawking Radiation With Classical Theories. Nature and Science, 2006, 4(2). <http://www.sciencepub.org/nature/0402>