

# 宇宙生命存留的先决条件

## The Prerequisites of Life in Our Universe

作者: John Leslie

约翰·莱斯理。中译著作有 <<世界末日—人类灭绝的科学与伦理观>> 贾士衡译。台湾:扬智文化事业股份有限公司, 2001, 页数:359, 繁体。

译者: 余创豪

美国亚利桑那州立大学 (Arizona State University) 心理学博士, 专门于统计测量与研究方法, 现任亚利桑那州立大学资讯科技部 (Information Technology) 测量研究科科长 (Director of assessment and research), 亦是亚大哲学系博士班学生, 专门于科学史与科学哲学。

[繁体 PDF 档下载](#) | [简体 PDF 档下载](#)  
[版权声明](#)

John Leslie 是加拿大 University of Guelph 哲学教授 (1968 年至今)。之前在 Oxford University (牛津大学) 研究哲学和心理学, 是人择原理 (Anthropic Principle) 方面第一流的专家。Leslie 曾任 Canadian Philosophical Association (加拿大哲学协会) 秘书, 曾获研究资助包括 Canada Council Research Grant, Social Sciences and Humanities Research Council Fellowship, Forster Fellowship 及 Visiting Fellowship at the Australian National University. 著有 *Value and Existence* 及大量相关文章, 发表于文集及期刊, 如 *Scientific Explanation and Understanding*, *Teleology*, *Origin and Early History of the Universe*, *American Philosophical Quarterly*, *Philosophy*, 及 *Mind*。本文曾发表于 *Newton and the New Direction in Science*, G.V. Coyne, M. Heller, and J. Aycinski ed. Vatican City: Specola Vaticana, 1988.

### I.

英国哲学家 A.N. Whitehead (怀特海) 在自己的 <<思维的模式>> 之第七篇讲章中, 评击「休谟—牛顿」式 (“Hume-Newton”) 对自然描述的论点, 说成是「对事实总体的一番空论, 仅是自圆其说而已。」这是对 Newton 思想添上何其误导的一笔! 其实, Newton 在其 *Principia* (译按: 即 *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 《自然哲学的数学原理》, 一般简称《原理》), 一书的「总注解」( the General Scholium ) 一章里已说过「太阳、

行星和彗星这最美妙的星系，只在一充满智慧与能力之存有者的引导及管治下，才能维持下去。」Newton 又提到，上帝安置星宿「互距万里」，所以宇宙不致崩溃；接着又说：「盲目的形上必然性」产生不了「我们能诉诸四海而皆准、证诸百世而不变之多样化大自然。」Whitehead 可能对此一无所知吗？若是不然，那为什么他如此摒弃 Newton？

也许 Whitehead 真正抨击的目标，是那类专奉「总注解」为典律的「牛顿派学者」，尤其那句「我不作任何假设…可知万有引力确实存在，循着我们已解释的定律去研究，这就够了。」这类学者没有注目于环绕这句名言的上文下理，也没有留心 Newton 致 Bentley (Richard Bentley) 的信函，和他本人加插在 *Opticks* (《光学》) 的「疑问」( *Queries* )，这些讨论充满有神论假设。例如（在「上帝设计」( *divine plan* ) 的假设中，「地上万物井然有序，妙不可言，且单靠肉眼就能欣赏辨析」<sup>1</sup>；又如由「唯自然律」的假设是永远不能推论出一个「起始于大混沌」的世界来<sup>2</sup>；还有，那个用来解释「物质要一分为二」和「其中适合去造光体的那部分会聚落为一完整的质量，从而成为太阳」的假设，只可能是有「一个自主的行动者( *Agent* )，引导和设计事情如此发生<sup>3</sup>」。照理 Newton 的学术声誉会令人遗忘他狂热的假设，人们只会想起 Leibniz (莱布尼兹) 对 Newton 的猛烈抨击（译按：莱布尼兹的中译著作有《人类理智新论》第一卷，商务印书馆，1982; Leibniz, G. W. *New Essays of Human Understanding*. Trans. & ed. Peter Remnant and Jonathan Bennett. New York: Cambridge University Press, 1982)，Leibniz 所针对的 Newton 的思想，就是上帝不断「调整」、「净化」和「修补」宇宙之说，也就是上帝推动各星球去调节它们的摄动和克服引力磨擦，这种引力出于无形「以太」( *ether* )，虽微小却十分重要<sup>4</sup>。（译按：「以太」是过时的物理学观念，人们相信以太遍布所有空间，用以传播电磁波。）Laplace (拉普拉斯) 不是已证明过太阳系虽有摄动，但无碍其稳定性吗？「以太」的磨擦不是已经被证实为没有科学可信性吗？Darwin (达尔文) 不是已经挪开了上帝手工的需要吗？看来 Newton 要在科学知识的狭缝中寻找上帝，这夹缝发出越收越紧的声响，令人尴尬不已。

在本文中，我要论证的是 Newton 将科学与有神论一起探讨，此举值得称扬。但我无意就 Leibniz 及 Darwin 的论点为 Newton 辩护，因为那种认为上帝恒常介入宇宙运作的说法，似乎有点令人遗憾。（诚如 Leibniz 说，「上帝在这里被描绘成一个拙匠，时时不得已要修补自己的拙作。」上帝还有，因着苦罪问题（如何调解世上的灾难与上帝之善意的冲突）会变得十分棘手，我们须相信上帝有强烈的道德理据不去恒常纠正世界的运作。但是，由各种形式所显出的物理定律，也许还包括大爆炸( *the Big Bang* )早期的物质分布，确实暗示了上帝的创造力。这里我会列举一些 Newton 未知的事例，去说明上帝的创造力如何曾在物质世界中被反映出来；相信对他一定是梦寐以求的；因他曾说自己缺乏「必要而充份的验证」来适当地发展其思想系统。

---

<sup>1</sup> *Opticks*, Query 28.

<sup>2</sup> Query 31.

<sup>3</sup> First letter to Bentley.

<sup>4</sup> Letter to the Princess of Wales, November 1715.

这里，我诉诸近期的研究证据，这常涉及到人择原理 ( Anthropic Principle ) 的讨论。

(a) 许多研究指出，可观察得到的宇宙之基本特征，包括各种主要力量、粒子的质量、早期扩张的速度及光子 ( photons ) 对激子 ( baryon ) 的比例等，都明显地被「精心调整」 ( fine tuned ) 来产生生命。

(b) 那些研究不以上帝作为「精心调整」背后的解释，他们典型的说法是因为有无数的「宇宙」 ( 这些是完全或大部分分离的体系，也许十分庞大：苏联作者常称它为「超星系」 metagalaxies )。力的强度、粒子质量，和扩张速度等，都会因宇宙而异的，或迟或早，在某个宇宙的某些条件下，生命得以演化。人择原理提醒我们：明显地，只有这个宇宙才可以被生物观察。

(c) 但也有人提出另一种说法：只有单一个宇宙，在任何地方，其力的强度和粒子质量都一样。(就像 *Principia* 中的**第二项推理原则**，在那里 Newton 以光作例子阐明：「烹火之光与太阳之光」都在同一样的自然律之下。) 还有，力的强度、粒子质量、扩张速度和其他因素，都被一个以令生命可能产生的原则精选过；这些宇宙基本特征似被一个有高超智慧，又或者是一个较抽象的**创造原则**<sup>5</sup> 所拣选，我们大可合乎情理地将之称为「上帝」。

## II.

Newton 说：「盲目的命运」永不可能产生星球运动那「奇妙的和谐」，「引力可以推动行星运行，但欠缺上帝的力量，引力永不能将行星安置在如现在一样循环运转的轨迹。」<sup>6</sup> 也许 Newton 对行星的推论未必真确，但对宇宙总体秩序的看法是正确的。试把一个宇宙模型作逆向转动实验，就看到除非它的各部份的定位曾被妥善安排过，否则混乱是必然的结果。Newton 又推论，<sup>7</sup> 如混乱是宇宙逆向运动的结果 -- 让「地球及所有行星和恒星上的物质」运转，其上的物质会因而「狂飞乱舞」；要尝试去逆转这过程，使物质聚拢在一起，形成众天体，那么就需要上帝的力量阻止这样的一个宇宙在向前发展时形成混乱状态；所以就算物质「平均地散布于诸天」，混乱状态仍是照样出现。Newton 这样的推论今日引起了物理学界的兴趣。一般的论证是：一片混沌的大爆炸，大概起始于一个奇异点 [( singularity ) 就是个连过去的光线都无法延伸出来的区域。译按：光线在时空下存在，在奇异点之先，光线也透不出来]，奇异点是个「凹凸不平」 ( ragged ) 的区域，而不是点状的。大爆炸始于奇异点是在预期之中，因为混沌是由随机性获得的宇宙逆向运转的结果，再者，大爆炸的一片混沌会一步步演化至宇宙的均匀一致，其代价是产生很多小型的混乱状态——大量的热和很多黑洞； ( 黑洞就是有「极高熵值」 ( very high entropy ) 的无序系统。) 在这里，请特别注意一个事实，远距离的即时行动是不可能的。( Newton 曾认为「无生命的物质能够不靠任何中介，不与

---

<sup>5</sup>我在很多著作中为新柏拉图主义创造原则辩护，特别是【价值与存在】(Oxford: 1979)一书和刊载于以下学报的论文：*American Philosophical Quarterly* 7 (1970); *Mind* 87 (1978); *International Journal for Philosophy of Religion* 11 (1980); and *Religious Studies* (将发表)。

<sup>6</sup> Second letter to Bentley.

<sup>7</sup> Fourth letter to Bentley.

他物接触，也能影响其他的物质」这观念匪夷所思，所以摒弃了。) <sup>8</sup> 没有即时的联络( *instantaneous communication* )的意思是，由大爆炸而产生的区域，互不相涉，除非光线有足够时间在这区域之间互相往来，所以，它们的运动应当被看作是全无协调的。当它们相互接触时，磨擦可能会带来大规模的均匀一致，但是这样却又会产生容不下生物的高温，或者黑洞，这就是修匀问题( *Smoothness Problem* )。P.C.W Davies (保罗((戴维斯。著作中译有《原子中的幽灵》，台北：猫头鹰，2000; Davies, P. C. W. and Brown, J. R. ed. *The Ghost in the Atom: A Discussion of the Mysteries of Quantum Physics*. Cambridge: Cambridge, 1993.) 曾记述：这种「磨擦均匀」，即使是磨平初期宇宙极小的粗糙部分，也会灾难性地「令早期的热力上升几十亿倍。」同时，「如果早期的物质被随机性地搅动，那有极大可能产生的只是黑洞，而不是恒星。」「出现繁星点点的众宇宙之或然率」，就「至少是几百亿分之一」<sup>9</sup> (译按：此处原文是 *odd*，亦即是胜负率，「几百亿分之一」是或然率，但胜负率不同或然率，例如十次尝试有一次成功，胜负率是 1/9，，而或然率则是 1/10。) R. Penrose (译按：罗杰·彭罗斯，著作中译有《皇帝新脑》，台北：艺文，1993; Penrose, R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computer, Mind and the Laws of Physics*. Oxford: Oxford University Press, 1989.) 同样计算出<sup>10</sup>：在未有新的物理原理确保宇宙的平稳开端(反映了创造主旨意的慎密程度)，就是当祂在所有可能的物质空间中，定意挑选我们这个有秩序的宇宙时，这比率「至少是 10E+10 分之一 [参注 123]」。

纵使在宇宙初期有活跃的机制调节物质粒子与光子的比例，从以削减修匀问题的严重性，但是修匀问题仍是一个大难题。因为这类机制只能在宇宙极早期开动，还未互相接触的各区域，在几亿年中会不断地进入对方的穷界( *horizon* )。

任何可解决修匀问题的方法，一定需要这个宇宙局部地偏离整体的均匀，而这偏离又容许发展生命：例如在各星系中，大量热气的汇聚，形成了恒星。但如果整个宇宙都如此行，就有自我塌缩的危机，及带来速发性灾难。有什么可以阻止恒星互相撞击坠落呢？Newton 的答案是：就像我们见到的，上帝安置它们「互隔万里」；但更复杂的问题来了：我们的宇宙起始于极早期的瞬间膨胀，那个膨胀速度，使其本身十分接近划分万有引力的内向爆炸和持续性的外向爆炸的分界线；在此线上出现的早期的极微小偏离会无限扩大，情况就如 R. H. Dicke 在 1970 年所强调的那样。他计算出<sup>11</sup> 在早期膨胀速度中，如有 0.1% 的加速，就会产生出比今天我们知道的扩张速度快千万倍的情况。速度减慢 0.1%，当时体积只有现今百万分之一的宇宙，会再塌缩崩溃。

这样的计算结果，曾一再被修正。1978 年 Dicke 说，<sup>12</sup> 当在大爆炸的最最初始，就是爆炸发生后的一秒钟，速度如果有百万分之一的减慢，也会(在温度下降至低于 10, 000 度之前)产生再塌缩。若速度相等地加快，「扩张的

<sup>8</sup> Third letter to Bentley.

<sup>9</sup> *Other Worlds* (London: 1980), pp. 160-1 and 168-9.

<sup>10</sup> *Quantum Gravity 2* (Oxford: 1981), eds. C.J. Isham, R. Penrose, D.W. Sciama, pp. 248-9.

<sup>11</sup> *Gravitation and the Universe* (Philadelphia: 1970), p. 62.

<sup>12</sup> Page 514 of R.H. Dicke and P.J.E. Peebles in *General Relativity* (Cambridge: 1979), eds. S.W. Hawking and W. Israel.

动能加大，支配了引力，这样较小密度的内在紊乱（irregularity）便不能聚集在束缚系统中以形成恒星。」同样，S.W. Hawking（译按：史蒂芬·霍金。著作中译有《时间简史：从大爆炸到黑洞》。译者：许明贤，吴忠超，台北：艺文，2000；Hawking, S. W. *A Brief History of Time*. New York: Bantam Books, 1998.）估计过，当温度是  $10E+10$  度时，就算有百百万分之一份的减速，「在温度仍在  $10,000$  度时，宇宙就会再开始塌缩。」<sup>13</sup> 这样看来，我们越向时间溯源，就是向时间之始寻究，越是发现「精心调整」就必须加倍精确。

在另外一方面表现出对精心调整的需要的是，对早期宇宙密度的考虑，这是与扩张速度有极其密切关系的。若回顾一下普朗克时间(Planck Time)，就是大爆炸发生后的  $10E-43$  秒，密度至少要约在「临界密度」的  $10E+60$  分之一内（亦即是空间还是平面时），保障了空间能精准地暴涨，使暴涨的准确度悬于塌缩与继续膨胀的分界上<sup>14</sup>。那时温度（以能量为单位）会约在  $10E+19\text{GeV}$  左右；之后，在  $10E+17\text{GeV}$  的阶段，我们更有把握那个精心调整会变得更精确<sup>15</sup>：大约是  $10E+55$  分之一。扩张速度问题因此可以空间曲度问题(Flatness Problem)再陈述：空间何以不更弯曲些呢？

很多人现在主张修匀与曲度问题都可以由暴涨情景（Inflationary Scenario）解决。A.H. Guth 与一众学者发展出这个情景来解释为何没有磁单极(magnetic monopoles)。在极高温情况下，宇宙四大主要的自然力：引力、电磁力、强核力和弱核力，一直被认为只不过是单一力的四种方面；粒子也被认为只有一种。当温度下降，四种力分开成对称状态——断裂阶段性转折(breaking phase transitions)：以水的各种状态为类比吧！在冰点时，水的四面对称性（rotational symmetry）消失了；但外观性质，则各个方向都一样；变成冰块时却呈现少量的对称。（译者按：基本物理现象都是完美对称的，在最高能的时候是完全对称。）现在，阶段性转折会以不同方式延续，在因果关系上割离的地方，这转折就更有可能，在这情况下，光线未及把割离的地方连结起来，断裂阶段性转折就会往不同方向发展，正如没有可能一百万只猴子，会在打字机上打出同样组合的字母！结果出现多种范畴的不同对称，相接成拓朴结(topological knots)，这些结会成为磁单极，由于它们过重，数量也过多，这样宇宙也会快速地再塌缩。<sup>16</sup> 但这灾难会被任何一种制造单极的阶段性转折点扭转过来，只要那转折点连接于蓄势待发中的太空快速暴涨。这个暴涨（有点像养兔场里高繁殖率的兔子，一只只能生十只）会在一瞬间发生，并推远单极和分隔各范畴的墙(domain walls)，至任何望远镜都不能看到的距离。

大规模暴涨会带给我们极为扁平的宇宙空间：就像一个充气的气球一样，其表面又平又扁。然而修平问题要找的答案与扩张速度或曲度问题相似，在没

<sup>13</sup> Page 285 of *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data* (Dordrecht: 1974), ed. M.S. Longair.

<sup>14</sup> B.J. Carr, *Irish Astronomical Journal* 15 (1982), p. 244; cf. p. 20 of P.C.W. Davies' superb "The Anthropic Principle," in *Particle and Nuclear Physics* 10 (1983), pp.1-38, or p. 411 of J.D. Barrow's and F.J. Tipler's impressively wide-ranging *The Anthropic Cosmological Principle* (Oxford; 1986).

<sup>15</sup> Page 348 of A.H. Guth, *Physical Review D* 23 (1981).

<sup>16</sup> Page 433 of Barrow and Tipler, cf. Guth, p.352.

有暴涨的可见宇宙，可能在起始会分离为约  $10E+83$  个区域，当它们互相碰撞接触时，又会产生惊人的骚乱。虽然暴涨意味着宇宙的穹界在单一区域中变得很深很远，区域中各小部分又会联合成一个互相协调的整体，因为在暴涨前的一刻，它们是互动着的。（暴涨把这部份分散，速度比光速还快。当太空扩张时产生的这种速率，在广义相对论中是成立的。）

但这两个问题看来只能引进更多模式才得以解决。建立理论模型的学者面对很多困难，这些困难在于：如何启动暴涨，如何提出有说服力的说法，令暴涨贯彻始终而又不产生过多骚乱（「适度外退问题」“*The Graceful Exit Problem*”），如何产生不大不小、恰到好处的紊乱，让各星系在其中发展。尽管你想灵巧地选择你的大统一理论（*Grand Unified Theory*），从中要达到理想结果（就是一些看来像「精心调整」的结果，这「精心调整」的结果常在暴涨假设中被视为多余），你可能仍被迫去假定：有一个有巨大空间，包含稀有的区域，而这些区域已经十分均匀，正确的暴涨正在那里发生<sup>17</sup>。再者，最为人所知的一种暴涨模型，是以 *Einstein*（爱恩斯坦）那种以排斥为动力的暴涨，这是当他对宇宙常数给予非零值时所提出的。虽然这个常数在广义相对论公式中看来是很理所当然的，但它一直被看作像零一样，因此爱恩斯坦宇宙常数不被接纳。*Einstein* 特别声明过，使用这个值是他最大的错误，他不应该使用宇宙常数来建立宇宙各方都是静止这观念，反之，他应该预测出宇宙的膨胀。然而，*Einstein* 对这个难题，就是如何维持宇宙静态这个问题，已被另外一个问题所取代，即如何避免宇宙在瞬间塌缩；当今物理学界认为空间充满高能量密度的力场，（尤其表现在量子真空脉动这个方面，其中粒子常以短暂的形式存在）在高能量密度的力场中，引力会把一切包拢成的约有  $10E-33\text{cm}$  那么大的球体。

要解决这个新难题，我们要相信宇宙常数的两个成份，就是「无价值的拉姆达」（*bare lambda*）和「量子拉姆达」（*quantum lambda*），以比  $10E+50$  分之一更准的数值互相抵销。这样美妙的结果如何产生，尚是个谜。当我们能够发明人为机制而作出这种巧妙的抵销时，最好把宇宙这精确的抵销看成是个**机遇**问题——这问题是，在任何足够庞大的实在的某处，什么结果是可能会发生的呢？还是在机遇以外，有**上帝的挑选**呢？因为，这种互相抵销似乎不能被任何基本自然定律主导，量子真空活动涉及很多力场，每种场都对温度起着作用，一堆纯量粒子（*scalar particles*）的质量是造成抵销结果的关键因素<sup>18</sup>，我们也不能把这个抵消当作一切暴涨后的产物，虽然宇宙膨胀发生得合情合理，这看法却把因果颠倒了。反而，只有在互相抵销精准得到不差毫厘的情况下，暴涨才会产生，<sup>19</sup>虽然抵销值在暴涨后还能变得更精确。（今天学界认为<sup>20</sup>，宇宙常数是零到  $10E+120$  分之一）。

<sup>17</sup> See, e.g., *The Very Early Universe* (Cambridge: 1982), eds. G.W. Gibbons, S.W. Hawking, T.C. Siklos, pp. 271, 393 ff.; or A.D. Mazenko, G.M. Unruh, R.M. Wald, *Physical Review D* 31 (1985), pp. 273-282.

<sup>18</sup> Pages 28-30 of Davies, "The Anthropic Principle."

<sup>19</sup> See p. 413 of Barrow and Tipler; or pp. 6, 26, 475-6, of *The Very Early Universe*.

<sup>20</sup> S.W. Hawking, *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 310 (1983), p. 304.

在可量度的力的强度中，不论是引力或弱核力，若二者有任何更改，尽管是  $10E+100$  分之一那么小，这个抵销都会告吹，而人类的存亡正系于这个宇宙常数的抵消<sup>21</sup>。看来暴涨会出现在星系产生密度波动时，这情况只会发生在大统一力有  $10E-7$  为耦合常数时（耦合常数是用以量度大统一力对粒子有多大影响），而这个常数却被认为是「不自然地小」（unnaturally small）<sup>22</sup>。

又假设，暴涨能顺利并合宜地产生，这样弥漫宇宙的张力、质量会渐渐稀释，足够让宇宙在几十亿年里里避过塌缩的命运，有智慧的生命可以慢慢地演化，而宇宙也会顺利供给适合生命条件的低温，这一切并不是平常的成就。正如 A. Wheeler（约翰·惠勒。著作中译有《约翰·惠勒自传：物理历史与未来的见证者》，约翰·惠勒与肯尼斯·福特(Kenneth Ford)着，蔡承志译，台北：商周，2000；Wheeler, A.J. & Ford, K. *Geons, Black Holes and Quantum Foam*. N.Y.: Norton, 1998.）强调，「按照广义相对论，没有宇宙可提供几十亿年的时间，除非再有几十亿光年的延伸」<sup>23</sup>；这样的宇宙要有平均每立方米不多于 10 个氢原子为密度，这样的事实才有可能发生的（此外，我们还要有一个十分稀释的宇宙去解决奥伯斯佯谬（Olber's Paradox）：何以**夜晚天色是黑的**，而不会**把我们烧得如锅上蚂蚁**？尤其每当视线差不多到一颗恒星的尽头时，或当一些尘粒被那颗恒星热灼之时。很多书诉诸宇宙扩张以解释这情况（其实这对问题没有多大帮助）。正确的答案是物质过于稀释，纵使全部转换成辐射，天空也不会过热。而宇宙射线是具破坏性的祸首，但幸好它们来自遥远的地方，到达这里时已扩散了。）

在每个星系，质量大幅提高并不会造成危险。即使如此，恒星若要避免经常互相趋近而导致星系崩坏，它们的分布也不能比我们的星系密。（这是 G. M. IIdis 早期主要文章，即大家所知的人择理论提到的其中一点）。而对于整个银河系而言，任何过近的碰撞都会加速宇宙塌缩<sup>24</sup>。我们再一次看见，其重点是，若星系过密地结集成群，它们的碰撞会抹杀了有利于生命出现的条件。

另一个难题是，要由简单化学跨越至 DNA 遗传生化实在困难重重：在可见的宇宙中我们要  $10E+22$  个恒星来提供仅仅一个机会予生命的演化。那么，暴涨时期的特征便是造出物质的机制要产生  $10E+22$  那么多的恒星，在这机制中，引力能量就好像其他物理聚合能量一样，是负能量，这正好可以平衡大量新物质的正能量<sup>25</sup>。

### III.

Newton 曾这样说明：「运动倾向于**衰朽**。因此，运动需要活跃的原则去维持其动势，」例如「太阳继续猛烈地发热」，至于其详情如何，「目前尚是

---

<sup>21</sup> Davies, "The Anthropic Principle," p. 28.

<sup>22</sup> Barrow and Tipler, p. 434.

<sup>23</sup> *American Scientist* 62 (1974), p. 689.

<sup>24</sup> F. Dyson, *Scientific American* 225 (1971), pp. 52-4; IIdis, *Izvest. Astrofiz. Institut. Kazakh. SSR* 7 (1958), pp. 39-54 and esp. p. 47.

<sup>25</sup> P.C.W. Davies, *Superforce* (New York: 1984), pp. 183-205.

个谜」<sup>26</sup>。（译按：在牛顿物理中，任何活动终会停止，宇宙会归于冰冷死寂）

对这个谜，我们现在知道答案了吗？我们已知能量是不会完全丧失的。

（以 Newton 的例子）试论述以下问题：当两块黏土碰撞起来，它们会比先单独一块时温暖。虽说热是能量在「混乱」与「高熵值」下的形式，但热的差异可以产生生物的秩序。宇宙间的物质急急步向混乱，以不同速度向不同方向趋向混乱，形成漩涡流；所以，各物质的局部秩序，总是不断在提升。

但是，以这样一种形式向前探索，我们会问，既然大爆炸充满了整个宇宙，大爆炸里就没有可膨胀的寒冷区域，热的差异从何而来的呢？引力的熵值在这里成为了答案。至少，在宏观上，宇宙一切能在极端引力作用的秩序下产生——若牛顿生于现代，这个事实可以令他看到上帝之手。从微观角度而言，宇宙可能还是极其混乱的但是在一个不太微观的角度而言，这些混乱会互相抵消。试想想肉眼所能见的高熵值下的一种有色气体，这是十分均匀；但难明的是，在较宏观的角度下，引力为何仍在大爆炸过程中保持均匀，而不是混乱一团，产生充满黑洞的宇宙；又或者是产生焦灼至燃上几十亿年的高温？上帝不论是出自上帝的精心挑选和调整或其他原因，若较宏观的引力均匀现象是有可能发生的，那么这现象亦会产生稳定地发热的恒星，因为当大量气体凝聚成为恒星时，引力熵会因着物质结集而上升，纵使热动力的熵值亦会因着散逸而上升。<sup>27</sup>

Newton 假设「物质种类需要一分为二」，一种物质形成行星，另一种形成太阳或众光体，这是错误的？（太阳主要成份为氢，木星也一样）。然而，Newton 也有正确的地方：他以太阳体积之庞大，推论它有长久寿命<sup>28</sup>；还有，Newton 在其颇为奇特的论说中建议过，「天体会变成光」<sup>29</sup>，现在我们知道那指的是太阳光热的来源（核聚变的结合能扮演着负能量的角色，产生出质量——能量下降，其差异以辐射形式离开太阳）。此外，太阳和行星，看来都是以叫人惊叹的姿态依赖着那「精心调整」而得以存在：大爆炸需要带来原子，好在恒星聚变反应中用得着，不过请注意，这种原子本身并未经历过聚变。有两件事在这里是个关键：其一，当原子首次形成时，高速扩张的速度使它们在聚合发生之前就迅即分开了；其二，参与其中的还有极其微弱的弱核力。这种弱核力操纵着质子与质子之间的聚合，这种聚合效应比起基于另一核力（强核力）的聚合慢了  $10E+18$  倍。但于此，「在第一批星系开始凝聚之前，基本上宇宙间所有物质已被全部燃烧为氦。」<sup>30</sup> 所以，这时根本不会有水或长寿而稳定的恒星，因这些都要以氢来燃烧的。（燃烧氢的物体只能在短时间内保持稳定，这不足以在生命演化的漫长过程中提供帮助）。总言之，弱核

---

<sup>26</sup> *Opticks*, Query 31.

<sup>27</sup> R. Penrose in *Quantum Gravity* 2, pp. 244-272; Davies, *God and the New Physics* (London; 1983), pp. 50-54 and 177-181.

<sup>28</sup> Query 11.

<sup>29</sup> Query 30.

<sup>30</sup> Dyson, p. 56.

力的微弱特性使太阳温和地在几百亿年间「燃烧着氢，而不是像炸弹一般在顷刻间燃爆掉」<sup>31</sup>。

如果核弱力稍比大爆炸的核燃烧威力大一点，就不会形成氦，反全部转化为铁，这样聚变力量便不可能产生恒星了。

有一点值得注意，假如弱核力比现知的更弱，亦会为我们带来一个全氦化的宇宙。（因此这里要面对两大威胁，就是如何设定弱核力的值的上下限，去配合我们所知的生命）。因为在宇宙最初的时刻，中子跟质子一样普遍，当时物质仍十分灼热，故此较大质量的中子难于生成，于是中子变得不太重要了。但是，核弱力会使中子衰变，变回质子。这步骤正足以保证，当第一个原子形成时，有足够多余的质子去产生约 70% 的氢。没有多余的质子，那宇宙一切就只有氦而已<sup>32</sup>。

务必重申的是，减少弱核力会摧毁质子与质子之间，和碳、氮、氧这个使恒星成为一切热力、光和生命所必须的重元素来源的循环链。<sup>33</sup>

那么，这些重元素又是如何变成那外太空的恒星、行星和各类生物呢？弱核力帮助我们解释这问题。当恒星爆炸成为超新星( *supernovae* )，就会失去其含大量重元素的外层，（就是比铁还要重的元素，这些元素对地球生态至关重要，它们只可在恒星爆炸时被合成）。现在这些外层与中微子互动而火速脱落，而这种互动只有通过弱核力这种独特的力才能产生。这是种极微弱的力，使中微子既能够以比子弹在空气中穿滑更畅顺的速度，顺利穿透地球，又可避过超新星塌缩的核心。但同时弱核力仍有足够外层原子所需的力量，抛向太空，造就着天文学家！（弱核力也足以让电子与质子在超新星核心塌缩之时聚合在一起，使塌缩继续下去。这是内向爆炸，其猛烈度使核心在一秒钟之内缩小数千倍，造成一次巨大惊人的爆炸。）

这就是经常听到的说法：太阳系的形成，是由其附近的超新星爆炸而引发的，大概所有相似的恒星和行星系统也是这样形成的。流星含有只带单一同位素的氧，看来也是只有这样的爆炸才能把过滤出单一同位素的氧。

虽然这推算十分困难，但仍是一个安全的推论：假若弱核力减少了十分之一，宇宙就只会充斥着氦，这样，超新星便无法产生了<sup>34</sup>。

强核力也是如此，不能过强或者过弱，否则恒星很难会出现产生生命的条件。「即使强度上升幅度低至百分之二，夸克也不会形成质子。」这样，不必说别的，光是氢原子就不能形成了。<sup>35</sup> 若以上论据不能成立，那么即使同样小量的强度上升，一样会使质子结构合成双质子，引起灾难：所有大爆炸早期的氢，会全部变为氦<sup>36</sup>，恒星也被强烈的互动燃烧，<sup>37</sup> 如上所述，这过程继续以

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> Davies, *Other Worlds*, pp. 176-7.

<sup>33</sup> J. Demaret et C. Barbier, *Revue des Questions Scientifiques* 152, (1981), p. 500.

<sup>34</sup> M.J. Rees, *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 310 (1983), p. 317.

<sup>35</sup> J. D. Barrow and J. Silk, *Scientific American* 242 No. 4 (1980), pp. 127-8.

<sup>36</sup> Davies, "The Anthropic Principle," p. 8, and I.L. Rozental, *Elementary Particles and the Structure of*

比弱作用强  $10E+18$  次方的倍数速度，控制着太阳。但在此数值上任何极微小的上升，也许是 1%，也会改变核子共振水平，使所有碳原子被燃烧为氧<sup>38</sup>。如有更大幅度的上升，例如 10%，更会摧毁各恒星中碳的合成；这后果带来的共振水平，那时候除氦以外，只有少量物质可被燃烧（碳是在氦出现以后出现的）。<sup>39</sup> 只要幅度再增加一点，就会产生「原子核可无限制地大」<sup>40</sup>，小小的天体则会变成「微中子星」<sup>41</sup> 在短程的强核力范围内，这是会发生的。若这也会发生在长程范围内，「宇宙就会缩成一个小点。」<sup>42</sup>

强度稍微下调亦会引起毁灭性的结果。氘核（deuterons）——中子与质子的混合体——是恒星核结合时不可或缺的，是刚刚好被强核力所拉拢着；若强核力被下调百分之五，氘核就不能合成<sup>43</sup>，这会造出一个只有氢的宇宙而已；就算只削减 1%，也会破坏<sup>44</sup> 碳原子核里的特殊共振，这共振原是令碳由氦加铍形成，即使铍本身不太稳定」（铍的稳定性其实也足以形成「特别长寿」的原子，「精心安排」的痕迹，在这里又可见一斑了。<sup>45</sup>）「百分之五十的下调，会对所有生命要素的稳定性带来不利的影响」<sup>46</sup>：例如，任何正要生成的碳原子，会很快分解。

I.L. Rozental 估计，强核力的力度需要是其实际力度的 0.8 至 1.2 倍，这样才能令合成氘核和所有原子元素之重量大于 4。<sup>47</sup>

若恒星要有助长已知生命的条件，电磁力同样需要受制于窄限之中。其实，较电磁力强的强核力强度（约几百倍），才是前面谈及碳原子生成及氘的难得的结合，但同时也是双质子同样难得地不结合这问题的关键。让我重申一点，质子间的电磁力互相排斥，这在很大程度上阻止了它们碰撞，那些碰撞会令质子与质子聚合，这就解释了恒星如何能慢慢地燃烧：太阳每秒每克产生的能量，比我们人体所产生的少几千倍。与引力强度比较起来，电磁强度在此处就显得重要了。

我们来看看更详细的资料。

首先，每颗星表面温度必需与生物所需的化学反应的结合能量有一个适量的关系：即要有足够的热去助长新化学物质构成，例如光合作用，但也要有足够的低温去限制像由紫外线带来的破坏。（将载有生命的行星放置在近一点

*the Universe* (Moscow: 1984, in Russian), p. 85.

<sup>37</sup> Dyson, p. 56.

<sup>38</sup> F. Hoyle, *Astrophys. J. Suppl.* 1 (1954), p.121; E.E. Salpeter, *Physical Review* 107 (1957), p. 516.

<sup>39</sup> I.L. Rozental, *Structure of the Universe and Fundamental Constants* (Moscow: 1981), p. 8.

<sup>40</sup> B.J. Carr and M.J. Rees, *Nature* 278 (1979), p. 611.

<sup>41</sup> B. Carter in *Atomic Masses and Fundamental Constants: 5* (New York: 1976), eds. J.H. Sanders and A.H. Wapstra, p. 652. 42 P.W. Atkins, *The Creation* (Oxford: 1981), p. 13.

<sup>42</sup> P.W. Atkins, *The Creation*, (Oxford; 1981), p. 13.

<sup>43</sup> Davies, "The Anthropic Principle," p. 7.

<sup>44</sup> M.J. Rees, *Quart. J. of the Royal Astron. Soc.* 22 (1981), p.122, 大约百分之一（核强力）的数目来自在那年的保存，请参考以上征引的 Hoyle 和 Salpeter

<sup>45</sup> Barrow and Tipler, pp. 252-3.

<sup>46</sup> *Ibid.*, p. 327.

<sup>47</sup> *On Numerical Values of Fundamental Constants* (Moscow: 1980), p. 9; 关于原子重量大于四的问题，他征引 E. E. Salpeter, *Astrophys J.* 140 (1964), p. 796.

或者远一点，去弥补恒星温度的改变，是说不通的。对于每颗星而言，「量子化」后产生的力量储存，不论是带来化学合成或分解，才是决定性的一环；比较如冲洗照片的黑房，如无红灯去照射底片，每粒光子便发挥不到足够的作用。而这种力量的强度在任何距离下仍是一样的。) W.H.Press 和 A. P. Lightman 指出<sup>48</sup>，存在着万有引力与电磁力之间的是一种极其精妙的平衡。

说到其他类似的平衡，有更多因素参与其中：质子和电子的质量都与此相关。纵使假设电磁力与引力在不同关系下仍可保持着微妙的平衡，其质量可以随意改变吗？但是，在这里我们的想象很容易变成匪夷所思。为了防止一次灾难而拙劣地修补这个跟那个因素，有可能会引来另一场新的灾难，因为每个因素都涉及太多重要的关联<sup>49</sup>，就算理论上可以避免灾难的发生，要在实际上避免那些灾难的出现，即在别处作相应的更改，以弥补各种前面提过的变化，这个平衡机制本身已是一个绝妙的「精心调整」！

第二，如 B. Carter<sup>50</sup> 将注意力放在太阳的光芒，假若电磁力稍为强一点，太阳光芒就会大幅度减弱。太阳表面温度紧随离子化的发生而改变，离子化后不透光性明显地上升。若电磁力曾稍微加强，(在 Carter 的公式中，电磁力的强度被提升了 12 次方)，那么主星序( the main sequence )，就是恒星大部分时间所处的状态，会完全成为红星；在运流( convection )中流失大量的热，最后只剩下不利生命出现的一片冰冷。如果行星较近太阳而取暖呢？又会经受如汹涌的波浪一样的阻力，减慢行星自转；直到行星恒常以同一面向着它的恒星，其液态甚至是气态物质会以冷冻的形式被收藏在背向恒星的一面。<sup>51</sup> 若电磁稍微减弱，则全部主星序会变成蓝色：因为太高温了，它发放辐射，寿命不长。就算物质能维持下去，太阳质量在 1.2 以上的恒星会很快燃烧耗尽，若其所属行星上有智慧生命，这行星的短暂寿命不能支援智慧生命的演化。<sup>52</sup> 这些蓝色灼热的巨星，顶多只会有几百万年的稳定期。

Davies 认为<sup>53</sup> Carter 已经显示出，即使电磁力或引力只有「10 E+40 分之一的改变，也会祸及如太阳般的恒星。」这论调建基于 Dicke 在 1975 年的论述——一颗恒星的辐射率会在介电常数( dielectric constant )的 7 次方的比率下逆向地变化，故此，如果电磁力相当地增强，那么「所有恒星会是冰冷的，这样的条件就可排除有人存在的可能了。」<sup>54</sup>

按 Rozental<sup>55</sup> 的观察，所有夸克（因此也包括任何原子都需要的质子）会透过超重玻色子( superheavy bosons )转换成轻子( leptons )，而超重玻色子之质量与电磁力有关，若电磁力之强度稍稍加强了 1.6 倍，这转换就会发生。再者，假若以上论证不成立，可考虑另一微调：超重玻色子电荷若增强三倍，

<sup>48</sup> *Phil.Trans.Roy.Soc.London A* 310 (1983), pp. 323-336.

<sup>49</sup> V. Trimble, *American Scientist* 65 (1977), p. 85; I.L. Rozental, *Soviet Physics: Uspekhi* 23 (1980), p. 303.

<sup>50</sup> *Confrontation etc.*, pp. 296-8.

<sup>51</sup> G. Gale, *Scientific American* 245 No. 6 (1981), pp. 154-171 and esp. p. 155.

<sup>52</sup> R.T. Rood and J.S. Trefil, *Are We Alone?* (New York: 1982), p. 21.

<sup>53</sup> *Superforce*, p. 242.

<sup>54</sup> *Reviews of Modern Physics* 29 (1957), pp. 375-6.

<sup>55</sup> *Soviet Physics: Uspekhi* 23 (1980), pp. 303 and 298.

就会使质子互相排斥，这足可阻止生命在恒星和任何核心重于三个原子重量的地方出现。若超重玻色子电荷增加十倍，原子根本不可能稳定地存在了，因为质子会把电子拉进原子核中去。

最后，关于减弱核强力怎样影响质子，质子不再因受作用而聚集于原子核中，因此氢变成唯一的元素。这情形可以再被表述为支持这论证：电磁力强度稍微上升就会引起灾难。

相似的情形同样可见于物质间的引力。

有些观点可被视作改换了措辞来表述 Cater 的论点，其他观点是关于电磁力学需要适量地比引力强，或者是弱核力必须微弱才能使大爆炸释出氢，其他观点会重申宇宙扩张速度必须是「恰如其份」的，各星系才能形成：因此，如果要暴涨发生，引力就要有适宜的力度；或者暴涨是个假的设想，膨胀速度在开始时就需要有微调，方法是非常精确地挑选引力常数。让我再重申，引力一定是宇宙间一道极之微弱的力量，否则宇宙会迅速塌缩。

以下至少有部份是新的观点。

(a) 恒星能经久地存在，原因之一是它们体积巨大但是只受引力影响而轻微压缩（大体积除了可以燃烧更久之外，也可减慢耗尽的速度，因为辐射随机散射于其他恒星表面，也需时几百万年）。我们可大约判断，引力是令人出奇地比电磁力微弱了约  $10E+39$  倍，这数值会随着我们是否考虑质子与质子间的相互作用而变化。若电磁力明显地比引力强，恒星就会从较少量气体中形成，同时，也许会更猛烈地燃烧（Teller 在 1948 年计算出，当辐射上升到引力常数的 7 次方<sup>56</sup>），或者会更容易地产生塌缩，成为白矮星、中子星或黑洞。若强度增大一百万倍（就是比电磁力弱  $10E+33$  倍吧，目前尚欠成熟的理论解释它为何一定要比这个更弱），这样，恒星质量就会小十亿倍，也百万倍地快速耗尽<sup>57</sup>。就算增强十倍的强度，即使一个有太阳一样质量的恒星，也只能燃烧一百万年而已。<sup>58</sup>

(b) 若引力比电磁力弱 10 倍，恒星和行星会否形成实在是一个疑问<sup>59</sup>。若引力明显地减弱，则意味着「所有恒星在化学成份上是同质的，这是对流混合成的结果，这样我们便不会找到预超新星模型所说的洋葱皮外壳结构」<sup>60</sup> 因此，或许亦没有超新星来分散重元素。

(c) 适当大小的星云，可组成稳定的恒星群，并可快速冷却而避免断裂。<sup>61</sup> 若把引力强度胡乱改变，便会破坏了这样的美事。

<sup>56</sup> *Physical Review* 73, p. 801.

<sup>57</sup> M.J. Rees, *Phil.Trans.Roy.Soc.London A* 310 (1983), p. 312.

<sup>58</sup> R.Breuer, *Das Anthropische Prinzip* (Munich: 1983), p. 228.

<sup>59</sup> *Ibid.*

<sup>60</sup> Carr and Rees, p. 611.

<sup>61</sup> Barrow and Tipler, p. 339.

(d) 如果原星系( protogalaxies )是由大块的星云的断片组成, 这样, 就像 J. Silk 论说<sup>62</sup>, 如此的引力强度就非要接近其真实的值不可了。

(e) 在星系核心发生的激烈事件, 可以排除众星系有生命的可能。于天鹅座 A 的位置, 「强烈的离子化的辐射水平较地球表面强几百倍。」<sup>63</sup> 强化了了的引力会使每个星系都变成这样的一团糟。

最后, 有一个对恒星很重要的关键因素: *中子和质子之间的质量差异*。正如 S.W. Hawking 所言<sup>64</sup>, 这个差异「若不是双倍于电子质量, 就不能获得几百个如此稳定的原子核, 以构成各元素, 成为化学与生物的基础。」理由是<sup>65</sup>, 中子是两种粒子之中较重者, 约较质子重千分之一。若在原子中中子没有受缚于质子, 一个中子便只有较少的能量附于其上, 于是衰变成为质子, 那么, 宇宙只充满质子而已, 而氢是唯一可能的元素。在这里电子的存在和泡利定理 ( Pauli Principal ) 正阻止其衰变; 但假若质量差异稍大, 这衰变仍难避免。假若质量差异稍为小 (约 1/3), 原子以外的中子则不会衰变; 大爆炸中所有质子会不能逆转地变成中子, 这激烈事件制造了经常性的质子—中子转换, 这就没有原子了: 宇宙间便只充满中子星和黑洞。电子的质量就变成如下的情形: 若中子质量不能在比电子质量多一点的情况下超过质子, 那么原子就会塌缩; 其电子则与质子结合产生中子。(质子质量:938.28 兆电子伏特 (MeV); 电子是.51; 总数为 938.79; 同时, 中子重量会在 939.57;中子不带电荷, 并与强核力共同产生作用, 维系原子核, 无需加添电磁排斥力把它们击散)。

就这样, 刚好稍重的中子, 就确保了大爆炸中质子与中子的比例为一对七。过剩的质子又可用作制造氢(就是恒星长寿、稳定所必要的氢)、水和碳水化合物。这里应注意的是, 含有氢的恒星靠制造中子来燃烧: 虽说中子比质子重, 但只是重一点而已, 当我们同时考虑将较小的结合能, 便会发现两个比中子略轻的质子聚合去形成一个氦核的过程(就是一个质子与中子的合体)是一个在能量方面有利的过程(要补充的是, 若把普朗克常数 ( Planck's Constant ) 加添 15%, 就可以阻止氦的出现<sup>66</sup>)。

我们可从另一个角度看, 电子质量若增加, 会造成灾难。Rozenal 认为<sup>67</sup>电子重量是惊人的轻: 比起次轻的介子( pion )还轻 20 倍; 比我们已知粒子之平均重量还要轻几千倍。电子作为一个轻子( lepton ), 不足以解释这种现象, 因为涛轻子( tau lepton )比质子重; 再者, 中子与质子之间的质量差异, 较之那些在多重谱线同位素中各种情况下的差异, 是十分微小的。

中子与质子在夸克含量上是不同的, 其巧妙的质量差异可以被解释作「上」夸克较「下」夸克轻了一点, 这解释只是把谜团推向另一个层次。(对于这看似是巧妙的现象, 相信上帝的人未必需要立刻归因于上帝的选择, 而放

<sup>62</sup> *Nature* 265 (1977), p. 710.

<sup>63</sup> I.S. Shklovskii and C. Sagan, *Intelligent Life in the Universe* (New York: 1966), p. 124.

<sup>64</sup> *Physics Bulletin*, Cambridge, 32, p. 15.

<sup>65</sup> Barrow and Tipler, pp. 371, 399-400; Davies, "The Anthropic Principle," pp.9-10, and *The Forces of Nature* (Cambridge: 1979), pp. 100-102, 172; Rozenal, *Elementary Particles etc.*, pp. 78-84.

<sup>66</sup> Rozenal, p. 298 of the *Uspekhi* paper.

<sup>67</sup> Rozenal, *Elementary Particles etc.*, pp. 78-84.

弃缺乏进一步的解释。牛顿( Newton )从审美与宗教的情趣解释大自然如何「这样自得其乐，在简单里安得其所，展现出一切天体的奇妙运动，其实来源于万有引力；还有，几乎自然界所有细小粒子运动也依靠着其他吸引和排斥力」<sup>68</sup>。最简单的大一统理论（最小的 SU(5)）不能解释这么多质子衰变，因此就不成功了<sup>69</sup>，这结果令我们质疑简洁定理( **Principle of Simplicity** )是否真的为选择自然律的唯一根据；极多其他的大统一理论现正在争相要赢取物理学家的注意力；上帝确有极广泛丰富的资源，祂的选择并不受某一因素所决定。）

#### IV.

对于 Newton 而言，物质是「由坚硬、不可穿透，但形状、大小都各异的活动粒子组成，这些粒子还有其它特性」好让它们能满足预期的结果。<sup>70</sup> 坚硬在物质属性上起着关键作用：「原始粒子」( “primitive particles” )必须「十分坚硬、不容任何错裂或磨损」，否则「依靠粒子的自然界万物会改变。假若水和土是由用旧了、磨损了的粒子还有裂成碎片的粒子组成，那么他们的性质和肌理就不同现在的了，现在的水和土，在太初已完全由粒子所组成。」<sup>71</sup>

Newton 在此处并不全对，原子被重击后可分裂（离子化），还有，你不能将 Newton 的坚硬不变的粒子，等同于亚原子实体( subatomic entities )，因为一种亚原子实体往往会变成其它类型的亚原子。即使质子现时普遍被认为是会衰变——这种衰变被看为是有益的，因为其中涉及的因素可能有利于「一定数量的物质在大爆炸中产生，而不是被反物质( antimatter )毁灭，剩下只有光线的宇宙。」事情就这样地发生：超重玻色子会把夸克转换成轻子（因此，由夸克造成的质子并不是永存的。），以目前的温度，很少机会能造出这样有超级重量的粒子来，相应地，质子的衰变也很罕见；但在大爆炸早期超级重量的粒子却很普遍，而且它们本身的衰变，也刚好制造出不同数量的夸克（用以制造质子）和反夸克（用以制造反质子）。

虽然如此，以下情况是值得我们注意的

(1) 这一情境的细节还是不肯定：因此，即使有数目不等的「讯号」出现，那到底是有更多的夸克还是反夸克呢？我们只有那被人谈论却没有白纸黑字写明的原则，就是我们会称那结果为「物质」而不是「反物质」；<sup>72</sup>

(2) 有关电荷的各种定律或电荷同等守恒，两者都不能成立，这意味着夸克和轻子有「两世代」。除现存在世界上的，必定还别的；<sup>73</sup>

(3) 我们所需的不只是扩张的宇宙，还需要受助于暴涨的快速扩张宇宙。<sup>74</sup>

---

<sup>68</sup> Query 31.

<sup>69</sup> Davies, *Superforce*, pp. 137-8.

<sup>70</sup> Query 31.

<sup>71</sup> Ibid.

<sup>72</sup> Barrow and Tipler, pp. 403-7; or G.G. Ross, pp. 304-22 of *Quantum Gravity*, 2.

<sup>73</sup> Demaret et Barbier, p. 489.

(4) 质子较反质子多出的数目，与电子较正电子( positrons )多出的数目，必须恰好相同，以避免电荷失衡，这是必须确保的结果。电荷失衡令物质难以在「开放」的宇宙里凝聚。但如果在「封闭」有限的宇宙呢？若有可能的话，情况只会是更糟，因力线 ( lines of force ) 会不住绕转，最后产生一个无限的电场<sup>75</sup>。

(5) 以上各物质的产生，过多或过少都不行。估计实际有关过量的数据是每一亿个质子跟反质子的配对中，就有一个过剩的质子。假设扩张速度反映了每个质子产生的光子数目，太多的质子，宇宙会快速地塌缩；或导致大量中子星与黑洞出现；又或者，只能有一个到处弥漫着氦而不是氢的宇宙，这已是最轻微的后果了。过少呢？会造成兼有辐射压的超速膨胀，这样原星系和恒星就不能凝聚：纵使在宇宙超速膨胀下有庞大星体能够形成，这些星体会困锁着辐射，这样会阻止庞大星体分裂成更小天体，而更小天体是生命存在之所依。<sup>76</sup>

此外，质子衰变必要缓慢。质子的寿命为  $10E+16$  年，是现今宇宙年龄的  $10E+6$  倍，那么 ( M. Goldhaber 这样说) 如衰变发生在你身上，那些辐射都足以令你丧命<sup>77</sup>。

这一切暗示着，超重玻色子的质量必须落在一道很有意思的狭窄范围中：例如，如果质子已足够稳定的话，超重玻色子至少要比质子重一亿倍。<sup>78</sup> 再者，电磁力常数若大了  $1/85$ ，则会引起太多质子衰变，难以产生长寿而稳定的恒星 ( $1/85$  是大统一理论建议的最下限)。<sup>79</sup> 假如高辐射必定致命的话， $1/85$  这数值就已经太大了，因为生物所需的稳定性对辐射之反应要较恒星敏感得多。

因此，我们不可容让 Newton 的部分错误令我们无视他其实十分接近事实真相，他写道：「有形物质的改变」(“the Changes of corporeal things”) 完全是「永恒粒子之间新的缔合和运动」。<sup>80</sup> 普通质子平均寿命比  $10E+31$  年更长。还有，粒子至少也会形成不变的类型：一个 DNA 分子可传递的遗传讯息，相等于一万页纸所传递的，因为原子粒子 ( 以及它们所组成的原子 ) 属于不变的粒子种类。现在，就连 1970 年代的 Wheeler 也认为，「同种类粒子的奇迹地保持身份，是物理学的最大奥秘。」他又说，黎曼几何 ( Riemannian Geometry ) 之所以对物理学有价值，正是它主张一个精确的对称，若没有这对称，「我们便要预测，由不同途径接近地球核心的同一个铁原子的电子，会有不同的特性。」这样的建议「容许自己暴露于各方猛烈的批评」，然而，若没有这建议所说的对称，「铁原子，还有地心——都会塌缩」。因为在这里，泡利原理 ( Pauli Principle ) 已不成立了。<sup>81</sup> (译按：泡利原理又称为泡利互

<sup>74</sup> H. Pagels, *Perfect Symmetry* (New York: 1985), pp. 275-9.

<sup>75</sup> Demaret et Barbier, *Rev. des Quest. Sci.* 152, p. 199; S. Weinberg, *The First Three Minutes*, second edition, (London: 1983), p. 87.

<sup>76</sup> Carr and Rees, p. 610; Demaret et Barbier, pp. 478-80, 500; D.V. Nanopoulos, *Physics Letters*, 91B pp. 67-71; Davies, "The Anthropic Principle," pp. 24-5; Barrow and Tipler, p. 418.

<sup>77</sup> Pagels.

<sup>78</sup> Weinberg, p. 157.

<sup>79</sup> Barrow and Tipler, pp. 358-9.

<sup>80</sup> Query 31.

<sup>81</sup> *Gravitation* (San Francisco: 1973), authors C.W. Misner, K.S. Thorne and J.A. Wheeler, p. 1215, and

不相容原理，它禁止两个电子做完全相同的事。) 就像 V.F. Weisskopf 解释的，在这个原理中「有许多地方代替了古典物理学概念中的不可透性与坚硬性」。虽然把同类中所有粒子分开，能避免原子塌缩，但 Wheeler 又说，大家其实也想知道，何以电子与其他粒子，(例如，费米子 (Fermions) 是特殊种类呢? 「之于为何电子会有我们所观察的特质，现今所知的实在是太少了」。大自然又「供给我们另一种的电子，就是只在质量上与平常的电子有分别的  $\mu$  介子 (muon, 译按: muon 是 mu-mesons,  $\pi$  介子弱放射性衰变过程中产生的基本粒子, 用符号  $\mu$  表示。其行为像重的电子, 但衰变为电子和微中子。 $\mu$  子是美国物理学家 C. Anderson 于 1937 年在宇宙射线实验中发现的。)」, 这令事情更加费解。<sup>82</sup>

泡利原理认为电子处于一个轨道的阶层，如此，原子便「分散开去」，这是十分幸运的。倘若电子随意在任何轨道中运行，那么(1)温度的冲击会马上将电子迫进新轨道，因而破坏电子固定的特质，这些特质就是遗传代码所需要的，这也会破坏不同种类的原子有不同表现这个理想后果；还有，倘若电子随意在任何轨道中运行，(2)原子就会快速塌缩，其电子向内旋入，同时猛烈地发放辐射。现在，带着「波粒」(“wave particles”)两种性质的原子粒子，可以帮助我们对泡利原理本身有更深刻的洞悉。我们就声波而言举个例子吧！管风琴排管中的空气，会循一定的频率，或单纯多次性地振动。但是，我们可以观察到玻色子虽然也有同样波粒性质，但泡利原理却没有限制它们。如果电子活动好像玻色子，那么所有电子会占据「最有可能的低层轨道，这样，连化学都得省却了。」

一个电子如何避免在最低层轨道被吸进相反电荷的原子核中去呢？量子理论的回答是：海森堡不确定原理 (Heisenberg Uncertainty) 将电子的位置跟动量 (momentum) 连上关系，指出电子在靠近原子核时会加速。同时，以上原理加上以下几点，显出量子骰子如何已经转动，(译按：量子力学支持或然率式的结论，打破了必然性的物理学观，爱因斯坦批评量子力学时说：「上帝不会玩骰子。」「量子骰子」指物理的或然性质。) 实在难以相信，海森堡不确定原理可以全部归因于有意识生命如何不可能找出事件的详细资料：(a) 相似的「海森堡鼓动」(Heisenberg agitation) 所支持的白矮星与中子星的非塌缩现象 (b) 量子以穿隧道效应 (tunneling) (Alex, 我不清楚 tunneling 的翻译，若你知道是这样的，就用这个吧！穿隧道效应 is from Chinese version of Cambridge Encyclopedia, it may be better)，通过力的阻碍，使恒星燃烧得更迅速，令辐射活动有可能出现；(c) 由量子产生的粒子，以「暂借」能量为基础而存在，直到 Heisenberg 有关能量与时间的公式，要求厘清这些户口。(d) 一个如箱子般的巨大空间，是否承载着「好像巨大黑洞这样明显的特征呢」<sup>83</sup>。不确定原理一定「确实存在」于这世界，这种存在的形式是幸运性与奇异性相契合。(译者按：意思是或然率极之低——奇异性，但仍然发生了——幸运性。) 感谢上苍！电子永不会被吸进原子核中！更进一步与坚硬问题有关的是凝固问题，如 Wald 说<sup>84</sup>，「如果质子的质量不是比电子重很多，所有物质

---

*Problems in the Foundations of Physics* (Amsterdam: 1979), ed. G. Toraldo di Francia, p. 441.

<sup>82</sup> CERN bulletin 65-26, 2 July 1965, pp. 2-3, 12.

<sup>83</sup> R. Penrose in *Quantum Gravity* 2, p. 267.

<sup>84</sup> *Cosmochemical Evolution and the Origins of Life* (Dordrecht: 1974), eds. J. Oro, S.L. Miller, C.

将会是液态。」因为，「这些粒子所牵涉的运动全都是双向的，没有甚么是牢固或原封不动的。」因为重的原子核被在很多轻电子云所约束；而电子云又复杂地互相起作用，这样，个别原子便能有固定的位置。

F.D. Kahn 提出类似观点：水份子、苯环、脱氧核糖核酸（DNA）等都有着相似的持续稳定结构，「这是由于电子质量与原子核质量有巨大差异」<sup>85</sup>。我们要承受一种风险，「就是化学能否存在（当然化学家能否存在也包含在内）」，因为化学全赖原子的存在，这样的原子要「有大量的空间，而且有界定好了的原子核」<sup>86</sup>，电磁力本身所拥有的相对弱力，同样与之有关——就是这个事实，电子不会感觉到百倍强力的那种强核力（Kahn 补充，这反映着对以下说法的质疑：非化学学生命是否有可能建基于强核力，而不是电子和电磁力呢？质子与中子是被强核力支配的主要粒子，它们几乎有着相等的质量，所以「不能决定其准确位置。」）

T Regge 力陈：「合适的长链状的分子，是可产生生物现象的」，但是它们会受到电子跟质子质量差异中的「最轻微变化」所威胁<sup>87</sup>。

同样重要的是，*电子与质子的电荷相反，但数量相同*。若非如此，那么，随之发生的的电荷失衡，就会发生我上述提过的那种灾难后果了。Wald 的评语是：「假若宇宙是起始于带电的氢，宇宙或许可以扩张，但仅此而已，其它的活动就不用提了。」（1959年，R.A. Lyhleton 和 H. Bondi 曾希望质子和电子的电荷不同，是由于十亿亿之中的二分的差异——他们期望这样的差异可以解释宇宙膨胀！）电荷的均匀，对 Wald 而言，似乎一直是很神秘的，因为质子的质量「比电子的静止质量多 1840 倍」；另有还有其它带相反电荷的粒子的配对，例如，质子和反质子，它们的电荷完全相同，但那却是「由质子产生的反粒子配对」（并不带电），以致这方面的均等「正符合电荷守恒的一方面。」这问题尚无法解释。是的，你可以解释质子是带三分之一或三分之二电子电荷的夸克所造成，夸克能变成轻子这个可能性也可以解释这方面，（轻子与电子是同类的），但 Wald 说，这祇是将需要解释的问题推向另外一个层次，就是不同种类夸克之电荷要在「均等或简单的互为约数」（Alex, I'm not sure if sub-multiples is to be translated this way. I have no idea. If you think it's OK, then I'm keep it. This is OK, you can keep this）上需要极精确<sup>88</sup>。

Wald 在 80 年代就提出过一些大胆的理论，也对这方面讨论有裨益。但正如先前提到的，有神论者不应太抗拒支配着这些自然界种种巧妙的现象的基础原理，因为，虽然这些原理都相对地简单，它们仍然是令人钦佩地复杂精细，还有，它们与逻辑必然性，还有一段距离。即使是最简洁的 H. Georgi 和 S. Glashow 的晚近的大统一理论，现在看来也确实欠精细，因它涉及二十四种力场<sup>89</sup>，现在有很多更加复杂的理论，争取着物理学家的注意力，很多均声称

---

Ponnamperuma, R.S. Young, pp. 7,24.

<sup>85</sup> *The Emerging Universe* (Charlottesville: 1972), eds. W.C. Saslaw and K.C. Jacobs, p. 79.

<sup>86</sup> Barrow and Tipler, p. 297.

<sup>87</sup> *Atti del Convegno Mendeleeviano*, Acad. del. Sci. de Torino (1971), p. 398.

<sup>88</sup> *Cosmochemical Evolution*, pp. 23-4.

<sup>89</sup> Davies, *Superforce*, p. 131.

它们可由「基本原理」推演出这个或那个数量，然而它们大都忽略了其他数量，例如它们通常会忽略载力粒子如介子的质量。

Rozental<sup>90</sup> 估计，一个电子跟质子一百亿分之一的电荷差异，就意味着没有凝固体重量能超过一克。（他再一次这样说<sup>91</sup>，电子电荷若减少三分之二，即使太空恒星之间的低温也会毁掉所有中性原子）。

Barrow 与 Tipler 也指出：物质与光波之间的任何程度的差异，都举足轻重，这就全靠数值够小的电磁常数，它必须是一个细小的分数值（约为 1/137），用来保证「物质与辐射的分别」，其中原因环绕着何以电子有与光波有着如此相近的寿命。如果数值大一点，电子就会变得很不稳定<sup>92</sup>。

我们还可以追求，生物不可以源于光波而不是源于物质吗？更确切地说，生物不可以是源于玻色子（由光波组成）而不是源于费米子（或电子、质子或中子等）吗？唉，玻色子结构模式中缺少些看来是必需的性质，玻色子倾向于自由地互相穿越，不能提供不变的基本建造物质的材料，不能造成不同的材料，不能产生精确的位置，精确位置是重要的，例如它可让遗传讯息在那里逐步被建立。（光波通常像海波一样层层翻迭，这是真的：在复杂意义上光波由粒子组成，而且它们互动，但是，从激光(laser)中我们可认识其互动行为，它们会迅速地压抑其个体性，建立大规模行动的样式。）

最后，粒子长久存在只是因为空间的拓扑及特征性质(topological and metrical properties)。举个例说，空间看似三次元，但在逻辑上并不是必然的。最近流行的 Kaluza-Klein 理论提出，实际上至少有十次元空间存在，其中七个次元都紧紧卷压在一起，所以不被看见。我们真正的难题是去明白：在高密度能量「真空」中充满着量子脉动，余下来的空间怎能够没有被压缩一起（可参考曲度问题部分）。

假若超过三次元空间以非压缩形式出现，那么原子或其他基本粒子就不可能存在。(a)物理学家讨论到孤子(solitons)时，建议粒子可能紧缩成结状，在长时间中维持这型态，因为三次元空间能容纳真正的结状<sup>93</sup>。(b)很多人在 P. Ehrenfest 理论的基础上进一步发展<sup>94</sup>：原子的稳定性和星系的轨道，还有生物的复杂性和波的无扭曲传播，都只能在三次元空间里才能正常地运作（也许三次元空间对神经系统和其他的系统也是关键的）。(c) Wheeler 曾建议只有三次元空间才有足够的复杂程度，令事物「有趣」，但也有足够的简单，去避开量子效应引起的全面崩溃，这个效应令「点有近邻」(a point's having "a nearest neighbor")这一讲法成为废话<sup>95</sup>。

---

<sup>90</sup> On Numerical Values, p. 14.

<sup>91</sup> *Uspekhi* paper, p. 298.

<sup>92</sup> p. 298.

<sup>93</sup> Atkins, pp.86-7; C.Rebbi, *Scientific American*, 240 No. 2 (1979) pp. 76-91; Z. Parsa, *American J. Of Physics* 47 (1979), pp. 56-62.

<sup>94</sup> *Proc. of the Amsterdam Academy* 20 (1917), p. 200; 关于许多其他作者的讨论，请参考 Barrow and Tipler, pp. 258-276.

<sup>95</sup> *Gravitation*, p. 1205.

事实上，也曾有这样的观点：太空可能有「不规则碎片形空间」，不规则碎片（fractal）就是无尽的复杂曲线（译按：根据混乱理论 Chaos theory，不规则碎片亦有隐性的规则），填充了部分较高次元空间，其中，曲线蠕动着，企图要占一席之地形成次元。如果我们的太空曾可能有（或正是）2.99999998 或 3.00000001 次元空间，那么「精切调整」的范围就更大了。

若空间拓扑是变化多端的，（有建议认为：它在每个永久钟摆大挤压的宇宙中都不一样），那么守恒定律便会在不同宇宙里有所有不同：当没有这个守恒定律时，那只有上天才知道，究竟还能否有生命<sup>96</sup>。Davies 及 S.D. Unwin 力陈，太空有「绝非无谓」的拓扑学，这让我们可以解释为甚么宇宙常数如此接近零值。扭曲纯量场 (Twisted Scalar Field) 会令常数在不同区域有不同值。我们的望远镜可助探查其中某一区域；在一些区域中，常数显现了某个可量度的非零值，这样观察者就不能存在<sup>97</sup>。

A. D. Lind 论证说，生命是系于空间所有的正确度量衡经迹（metric signature）；而 A.D Sakharov 则显示大爆炸有可能产生其它的经迹。现实世界可能经由不同的经迹，被分散去到不同的领域中，而可被观测的经迹是 +++-。〔意思是我们有  $d^2 = x^2 + y^2 + z^2 - (ct)^2$ ，而不是毕氏定理 (Pythagoras' Theorem) 的  $d^2 = x^2 + y^2$ ，这里 t 是时间，c 是光速〕。例如：经迹 ++++ 意味着「生命的发生是不可能的，因缺之了像粒子那样的状态 (particle-like states)。」<sup>98</sup>

最近还有些说法，就是我们安居的地球是 *唯一超稳态的*（only metastable），（随着量子现象的不可测性，）就像一支铅笔能自己直立（，平衡不倒：是被一种场所充满，这种场合「穿隧」至一个较低的值；结果是稳定空间的泡沫会在几乎是光速中扩展，凡被它们接触到的观察者会都被毁灭。如果顶夸克的质量有 125GeV 那么大的话，那么，我们的世界能够存在那么久，就值得庆幸<sup>99</sup>。同样，若质重超过了 125GeV，我们的地球就不会留存至今了。

## V.

Newton 说，「藉盲目的形而上必然性要产生多种多样的事物是不能的」<sup>100</sup>。也许在物质的「惰性」中有可能，但上帝也供应物质「某些活跃的定律」：各种力，如「引力、磁力及电力」，还可能有「其它间距微小得测不出的力」。就像「在真空中黏合两块光滑的大理石」，这些事实指出，粒子「因着某作用力而互相吸引，在即时的接触里，这力是异常的大，在微细间距中这力则执行各种化学运作。」「最小的物质粒子可能被最强的吸引力吸引，组成较大的粒子；而这些粒子构成了较大的但功效 (Virtue) 较弱的粒子；这些较大粒子大量凝聚组成更大的粒子，其功效亦更薄弱，如此类推。」「就像在代

<sup>96</sup> Barrow and Tipler, pp. 248-9 and p. 283, n. 95.

<sup>97</sup> Proc. Roy. Soc. London 1377 (1981), pp. 147-9.

<sup>98</sup> Reports on Progress in Physics 47 (1984), p. 974.

<sup>99</sup> M. Turner and F. Wilczek, Nature 298 (1982), p. 633; Wilczek on p. 27 of *The Very Early Universe*, reporting work by R. Flores and M. Sher.

<sup>100</sup> General Scholium.

数中，正数若减至零，正量的中止正是负量的开始；同样在力学中，吸引力中止，物体本身有的排斥力才接着发生作用」。<sup>101</sup>

上一段是个精心的推测：在万有引力和电磁力之外，自然界至少被两种或以上的力支配着（强核力和弱核力）。它们都是生命所必需的，而生命是基于热、光、原子、恒星及各种化学作用。<sup>102</sup> 诸力在作用距离和强度上有很大的差异，其中以作用距离十分狭小的强核力为最强；看来是同样的力可以在某种距离下互相吸引，在另一种距离下互相排斥。

以下几种较为特别<sup>103</sup>：(1)电子会被「虚拟的」正电子的电子云「阻挡」(“screened”)，这些虚拟的电子云如量子波动般，从虚无里短暂地出现存在。量子波动会中止一个接近中电子的影响力无限制地增长，虽然看来我们都会期望一个点状粒子有这样的表现，但是无限增长会对电子造成极大破坏。相反，原子核内的夸克却能保持其独特身分，这得归功于胶子( gluons )的「反阻挡」“antiscreening”，「分散」了夸克间的色力( colour force )，使之在短程中消散掉（有点像地心中对各方牵引力都相等的引力）。(2)强核力大概就是有复杂外表的色力，在近距离时有极强的排斥力，在远距离则有吸引力。藉排斥力，复杂原子核里的质子和中子不致互相塌缩；藉吸引力，两者可以牢牢地合成，使原子能有精确定位的原子核（好处先前已提过）。短程幅度如有增长（但仍属很短），有色力也会幸运地落在零值上：载力粒子( messenger particles )会把它送到刚好是它要偿还「借来」的能量才能继续存在的距离。如果这力变成长程，宇宙会迅速塌缩。(3)电磁力呢？相反，它是由零静止质量( zero rest mass )粒子，即是光子运送，因不必偿还「借来」的能量，光子可以无限地传播前进，但这无限播送不会构成灾难，因为这样大量的物质也用不着运用带电的力：正负电荷互相抵消了，因此宇宙不致塌缩，也没有宇宙爆炸场的产生。(4)所以，宇宙大体而言是被微弱的引力控制着。行星和银河系的一切，靠 Newton 曾致力研究的自转，或靠只是任意转动（对某些星系而言），抗衡着引力，而得以自持。

结果是：物质粒子会复杂地晃动；受制于某些神秘的定律，例如重子守恒定律( *Baryon Conservation* )，（它与任何明显的力场，如电磁力的电荷守恒无关，但没有它，「宇宙间整个物质世界会消失于伽玛射线( gamma radiation )的火团之中」<sup>104</sup>）。同样，要有复杂精细的牵制和协调( *Check and balance* )，宇宙才能保持有百亿年的畅顺运作。例如平衡原子核中强核力吸引和电磁力的排斥，这样的力几可将任何原子击开作两个或以上的质子；电子的微弱质量，服从着泡利定律；电子是感觉不到强力的存在，这样的协调，允许数百或更多不同种类的原子建造「砖块」，其电子使这些建造结构比早期物理学界虚构出来实心球型的，更为有用（正如 A. Szent-Gyorgyi 评说，「要从大理石中要建造结构真是不易」）。

<sup>101</sup> Query 31.

<sup>102</sup> Davies, *The Forces of Nature*, pp.229-30; Rozental, *Uspekhi* paper, p. 301.

<sup>103</sup> 部分观点是由引取自以下之经典著作：V.F. Weisskopf, *Knowledge and Wonder* (New York: 1962) and H.F. Blum, *Time's Arrow and Evolution* (Princeton: 1968).

<sup>104</sup> Davies, *The Forces of Nature*, p. 160.

在原子核以至整个原子，这样复杂的牵制和协调会引出力场「位垒」(“hills”)，要穿透进出这些力场「位垒」十分困难，这一切让电子有稳定的状态。但是，这些「位垒」也可被穿透，例如在恒星中里面发生强力碰撞，因此恒星就会燃烧。此外，原子有很复杂的「粘性」，一个带正电核的原子，可吸引其他原子的电子，二者相吸，直至它们被互相的电子云强烈排斥。这就组成微弱的凡得瓦尔力键(van der Waals bond)，好使液体维持液化。(译者按：荷兰物理学家凡得瓦尔于 1873 年发现，它是原子的永久或暂时感应的电偶极矩引起的，决定氦和其他稀有气体的液化。)但是，多个原子可以交换一个电子，共享一对对的电子，或参与复杂的电子跟电子、电子跟质子的相互作用(有时也涉及其他原子，像氢键)。其他大量的物理化学关系，因此都以此方式建立。较弱的一方也可成为逆转作用的基础。生命正是利用了这特性，发挥植物的光合作用、动物的肌肉运动(氢键循环地形成与破坏)、细胞燃料 ATP(磷键循环地形成与破坏)的制造和消耗、或于运送新物质进细胞等。后者令人联想到时光时暗的烛火，虽然火的原子不停被取代着，但仍然维持了火的形式，所以烛火会光暗不定；也因此，我们人类比所用的物质留存得更长久。

我们发现庞大体系的稳定性，这种稳定性吸引了 F. Dyson 的注意，这就是能量流动中的「搁置」(hang up)[参注 24]。(a) Dyson 的「热核搁置」最即时地令人印象深刻：它允许太阳支持着生命演化的需要，容让那个 Lord Kelvin 认为不可能的太阳耐燃的寿命。(当一颗恒星变热、产生的热运动或粒子更会协助抵御因引力造成的迫压，恒星因此要保持分散状态，聚变过程也要慢。)(b)当我们理解曲度问题，先要理解「曲度大小范围的搁置」。事实上，星系与宇宙是大得足够去避免由引力导致的立即塌缩，也能避免其他不利生命条件的发展，这都令人再感惊讶。

更多类似令人惊讶的特征，表现于它们的基本定律都十分简捷。(在“Do we live in the simplest possible interesting world?”<sup>105</sup>一文中，E.J. Squires 提出这论证：这些简捷的基本定律却容许复杂如化学这样的东西存在。)，再一次，当我们看到这些定律，我们会看见「它们互相协调，为要使人考虑到可能有上帝存在」，<sup>106</sup>但相反的回音(不相信有上帝)并不见得更好吗？Wheeler 说<sup>107</sup>「在混合的固态物质中，有千百个不同的键，究其来源，原来都同有简单而奇妙的系统，就是正负电子质量都循量子力学的定律移动。」我们与其说是上帝巧智挑选出那些定律的证据，何不反过来讲，任何有定律的地方都要有如此复杂的结构？请看看烛火的晃动、晶体的对称、被风吹动着的泡沫，读一读 M. Eigen 及 R. Winkler：除了重弹 Darwin「天择理论」中简单生物能进化成更复杂生物的旧调，他们还显示出最简单生命如何开始<sup>108</sup>。所举的例子包括能量流动所建立的「能量耗散图型」(“dissipative patterns”)、「滑动」(钟摆、往还、但仍然稳定)都在 J.H. Conway 的珠子游戏中展开了，在那游戏里，一切都服从着三个简单的规则，若非不断繁衍就会是死亡。

<sup>105</sup> *European J. of Physics*, 2 pp. 55-7.

<sup>106</sup> First letter to Bentley.

<sup>107</sup> *Gravitation*, p. 1206.

<sup>108</sup> *Laws of the Game* (New York: 1981), transl. by R. and R. Kimber.

这种反应似乎忽略了那些生物中几乎是难以置信的繁复性：「简单」的细胞有个微观世界，其机制之复杂，宛如一个肉眼能见的成人。我们亦可以挑战其背后的假设，即世界上必然会有一个环境让「物竞天择」顺利进行。若我们以毫不惊奇的态度面对充满生命的世界，我们就是沉迷于可以被量化的东西，对不可被量化的，我们则看不见。当然，讲道理的人可以不同意这些主张的，故此，本文旨在重申对量的思考，这种量的思考对现今宇宙设计理论有很大贡献。基础常数的极微小改变，都会令生命演化变得十分不可能发生。再看看这个例子：10E+100 分之一，代表引力适应于弱核力的程度有多精确，使宇宙不会迅速塌缩或爆炸。还有，请回想那引力与电磁力之间 10E+40 分之一这样的变化，会令恒星燃烧得过快或过慢，从而不利于生命出现。再请回想上面提过的其他例证。

不错，涉及像 10E+100 这么大数值的主张不常见；可幸的是这数值已得到确定，这可以补偿论点的不足。还有，我的调查还未把全部数值包含在内。例如我未及提出，通常被认为质量很小的电子中微子，若只有电子重量的百分之一，那么宇宙会有多快塌缩。<sup>109</sup>（大爆炸中每个质子产生了数十亿个这样的电子中微子。）看到 P.W. Atkin 的计算<sup>110</sup>，我呆了：电磁力强度即使只有 1% 的上调，有智慧生命的演化时间则需要双倍；双倍则意味着需要 10E+62 年。Atkin 作出这评语：若更多的原子紧密接合，这样只有「刺针一样的核子爆炸」才会有更大的或然率可藉此带来生命结构。

请留心观察，沿着这些思路的论证，并不需要诉诸于阻挡紫外线的臭氧层，也无需指向冬天覆盖着湖面的厚厚的冰、或是钙、氯、镁、钾、磷、钠和硫（地球上生命必需的矿物质）。甚至不必去假设（虽然 Wald[参注 84]等给予其有力的支持），如没有了碳原素作复杂生物链的基础和水的特殊性质，宇宙就无生命存在。取而代之的重点，是 Rozental 力陈的观点：就是基础常数的微小改变——即力的强度、质量、普朗克常数等的微小改变，也会变成全无「原子核、原子、恒星和各星系」：这些改变「不单是物理意义上少许数量的改变，而是整个基础的毁灭。」<sup>111</sup> 这样推测下去，这个「什么都不存在」，不单是指由碳和水组成的观察者无法生存，而是指一切观察者绝对无法存在。

（译按：这里所说碳水化合的观察者是人类，有些生物学家认为生命未必一定由碳水化合而成，物质生命可以而其他形式存在。）换言之，就不会有火、晶体和风中晃动的泡沫，纵使仍有物质像火那样可「繁衍」，还需要有很多功夫，才可以令这种东西成为生命。

那么不以化学为基础（化学性生命以电磁力为基础），而是以强核力和引力为基础的生命呢？若没有神圣的「精心调整」，这种生命也能繁衍吗？中子星上不可能有水或碳；其上的热、引力和磁力会在百万之四次方分之一秒内破坏一切秩序井然的结构；但是，强核力不会作用得太快而这些又不受影响吗？那么，整个中子星的所谓「文明」，只在「百亿分之一秒」这样的时间内存在；而所谓万物之灵的演化，需「三十分之一秒。」<sup>112</sup> 又或者，「以引力为

<sup>109</sup> Davies, "The Anthropic Principle," p. 15.

<sup>110</sup> *The Creation*, pp. 10-12.

<sup>111</sup> *Uspekhi* paper, p. 296.

<sup>112</sup> D. Goldsmith and T. Owen, *The Search for Life in the Universe* (Menlo Park: 1980), pp. 220-1.

基础的生命」(个别恒星扮演着地球生命里的原子和分子的角色)「不是好像以电磁力为基础的生命般,只需数十亿年,以引力为基础的生命不会在  $10E18$  年以后才演化吗?」<sup>113</sup> 我的回答是,以上的玄想,真的令相信上帝看来是平淡无奇;(2)不论「以核力为基础的生命」或「以引力为基础的生命」,皆没有像电子那样有精确定位的元素,这电子精密的位置正是遗传密码的关键(参考以上有关 Kahn 等的讨论);(3)基础常数被大幅改变,我们就不会有以引力为基础的繁星夜空,或拥有强核力为基础的生命的中子星。只要少量的改变,宇宙在千分之一秒间塌缩和一切在迅间溃散,所有顿时消失,只剩气体弥漫的宇宙,这些气体又过于稀释,甚至不能被引力束缚。此外,物质几乎不足以多过反物质,那么,实际上,宇宙只有光。再者,在首百万年,宇宙温度太高,恒星没法形成;之后的宇宙又过于稀释。最后,就是大爆炸的产物只有黑洞而矣。

我们不需要宣称:在*所有逻辑上可能发生的宇宙*,只小部分有生命,我们需要的只是考虑在可能宇宙中的「局部」,那些在基本定律上与我们相似的宇宙,但这些宇宙跟我们有不同的力强度、粒子质量、扩张速度等。以下比喻可说明清楚:墙上有只黄蜂,牠附近的范围很大而没有任何昆虫,一颗子弹飞过,射中黄蜂。开枪的很可能是个高手吗?着手处理这问题时,我们不必理会墙上这片离枪手有一段距离的范围,是否满布昆虫,因为范围的局部中只有一只!

宇宙论里我们要找的黄蜂,就是一个个小小的「窗口」,在这窗口中,各种不同的常数值落在里面,让生命去演化发展。而这局部就是指带有可能性的面积(或体积),以线轴来量度,得出常数可能的值。「打中一窗口」则是可能叫你大吃一惊的结果,尽管这块带可能性的地方只有那么一两个的小窗口。(Rozental, I. Novikow 及 A. Polnarey 的先驱性论文中,对此有详论。Rozental 等以线轴来说明引力和电磁力不同的强度,认为只有一个特别细小的,可能有利于生命条件的窗口,这是真正有力的证据之外的一个鼓励<sup>114</sup>,但有更多研究显示,有第二个窗口的可能性只是个错觉。我们提出很多论据去表明,力的强度、粒子质量还有其他常数,必定只规范在一个幅度很窄、限制很严格的数值范围内,藉此生命才得以演化,这种努力不是以十多个论据来支持一个宇宙数值不能错的结论,而是为同一个结论提出十个根据,这结论就是:随便地修改这些常数,或在现存数值和其他数值间找个不太严谨的差额,灾难性结果始终会在*某个宇宙*发生[参注 49])。

请注意,关于数值的任何改变,无论百分之一,或者是百万分之一都不利于生命发展。自然界力强度间的变化,可有天渊之别:最强的比最弱的强好百万兆倍,倍数甚至是百万兆之四次方;请勿忘记,没有人可以(打个譬喻说)不偷偷地引入他们的载体粒子的质量而单凭「理论」能计算出这力的值。再者,粒子质量的数值范围可疯狂地变化:中微子若要有 1 电子伏特(1eV)或更少,磁单极便要重约  $10E+25$  或更多。这些都能预测吗?有建议说有理由逼使光子只有零静止质量,因而是如果去除所有会令宇宙快速塌缩的有害因素(光

---

<sup>113</sup> Ibid., pp. 221-2.

<sup>114</sup> *Izvest. Akad. Nauk Estonskoi SSR Fiz. Matemat.* 31 (1982) pp. 284-9.

子就如中微子一样普通，大概是每一质子对 109 个光子或中微子)。当然，「较高级」的粒子会有较大质量，互相接合也更紧密，这样想亦不为过，但这只是粒子的情况；至于力的强度，谁都不能光看外表就认为粒子质量的多少是必须的；同时因与磁单极有关，我们有一广为接受的说法：就是各种力都有同一来源，他们只是「统一力」的不同面貌；宇宙间也只有单一种粒子：在大爆炸后，宇宙冷却，「对称」被破坏，于是力的强度和粒子质量的值就变得难以预测。试比较磁物质在低于居里点 (Curie Point) 时，电磁的对称性就被破坏，跟着磁场出现，这磁场是一个方向不能预知的矢量场 (vector field) (可用指南针测量的)。

的确，力的强度与粒子质量或许可被纯量场支配 (纯量场特点，只有强度而无方向；因此，若在可见宇宙间有相同强度的纯量场，则很难测量出来)，但任何这种场的强度本身很大可能也只是机遇<sup>115</sup>。

纵有这些困难，这种说法可指出，任何的「精心调整」都可以被解释，而不需要引入上帝创造性的选择来解释。也许，有利于生命条件的力强度和粒子质量，总会在任何足够庞大的现实世界中的某处产生。这个现实世界可以被分割成很多巨大的领域 (S. Weinberg 以此与结晶领域，就是冰点下的水作比较<sup>116</sup>)，也许在这许多世界中，对称结构被破坏后，便不能再容让生命出现。

Newton 的话亦含有这暗示。

## VI.

Newton 猜想：「上帝通过不同空间比例，能造出各种形状大小不一的物质粒子，甚至密度与力；因此有不同的自然定律，使宇宙的不同部分，有不同形式的世界。」<sup>117</sup> 类似这样的事情，可以在没有上帝特别命定下而发生。Newton 在写给 Thomas Burnet 的信里说，「虽然盐溶于水时都一样，结晶后每颗晶粒皆不尽相同，但处处一样的是那些长形的小盐棒」；这反映出晶体世界是由不同对称线轴在不同方向排列而成的。后来 Newton 更假定了存在着的现实世界，包含比望远镜所观察到的更多。又给 Richard Bentley 写道<sup>118</sup>：「很多古代哲学家接受有多个拥有无限数量的物质的世界。」

这样看来，我们不妨承沿这一想法，不必对如今流行的「众多世界论」(World Ensemble) 立即嗤之以鼻，这总体是一个大写“U”的宇宙 (Universe)，当中包含了很多区域 (小写“u”的众宇宙 universes)，它们大部分或完全分离，毫不相连。(1) Wheeler 主张永恒的钟摆，就是大爆炸、大挤压、再爆炸等，如类循环。有关性质的资料，在每次大挤压过程之中消失了。每次接着的大爆炸都带来不同数量的物质、力和粒子质量等，所以，

---

<sup>115</sup> Several authors discuss all this in *Los Alamos Science* 11 (1984), and *Phil. Trans. Roy. Soc. London A* 310 (1983); see esp. C.H. Llewellyn Smith on pp. 253-9. See also G. 't Hooft, *Scientific American* 242 No. 6 (1980), pp. 104-38; S. Weinberg, *Physica Scripta* 21 (1980), pp. 773-781; W. Willis, *New Scientist* 100 (1983), pp. 9-12; M.J.G. Veltman, *Scientific American* 255 (1986), pp. 76-84.

<sup>116</sup> *The First Three Minutes*, p. 140.

<sup>117</sup> Query 31.

<sup>118</sup> Third letter.

每次大爆炸都形成一个崭新的世界。(2)曾提出多个宇宙量子理论的 H. Everett III, 认为「现实世界永恒地分支出完全分离的世界, 量子力学认为每个结集的可能性在每个分枝中都成为真实。」(3)很多物理学家接受于 E.P. Tryon 的观点, 以量子脉动的开始来描述宇宙, 就是从 *虚无到出现存有* ( *ex nihilo* ), 或者是已存在的超空间( *Superspace* )。(4)而 Linde 把玩着的, 是那个永远在澎湃着的 de Sitter 空间( *de Sitter space* ), 就是那个永远滚沸着、产生着气泡世界( *bubble Worlds* )的宇宙, 其中真空下能量密度是很低的。(5) G.F.R. Ellis 和 G.B. Brundrit 提醒我们, 如果宇宙是「开放」的, 那么必被看作可以承载无穷尽的物质了。就可见区域(一个我们知道的「气泡」)之外可见到的情况, 谁能说什么不能发生呢?(6) Guth 的暴涨的宇宙, 现在似乎已渐广受接纳为「标准宇宙」, 这宇宙不单巨大, 且有独立区域范畴, 其中对称破坏, 物质以各种方式存在其中。有关宇宙, Guth 和 P.J. Steinhardt 提出, 我们的领域正以  $10E+35$  光年的速度外展, 同时, 宇宙可能会比先前大  $10E+25$  倍。(7)包括其他理论(如 F. Hoyle 和 J. V. Narlikar 的多细胞宇宙论)。

所有或大部分这些主张<sup>119</sup>(唯 Hoyle 及 Narlikar 的例外), 皆承认早期对称破坏中, 力的强度和数量大幅受偶然性影响, 所以不同宇宙有不同强度与质量。

众理论中最能说明这点的要数 Linde 所提出的宇宙暴涨论了。在首  $10E+30$  秒钟中, 其膨涨幅度约  $10E+800cm$ 。(可以光作比较, 它自大爆炸以来仅以  $10E+28cm$  被传播)力和粒子质量的差异, 产生自一个或多个纯量场。它们有几种可能的稳定值, 在数值最小的一种中, 任何一个这些纯量场都可以容纳。同时, 不同的最小值在不同区域随机地出现, 所以 **现实世界**在这里真是「各适其式, 各取所需。」了<sup>120</sup>。

这一切的背景是这样的:(1)诺贝尔物理奖得主 Weinberg-Salam 解释了一个对称破坏会使弱核力由电磁力中分离的例子: 纯量场在宇宙大爆炸后的冷却期出现, 为弱核力载体粒子提供大量的质量, 却令电磁力的载体粒子变为无质量。这个解释可以合理地延伸到所有夸克、轻子、中玻色子及超重玻色子的质量,<sup>121</sup>也许还可以伸展到一切力的强度和质量的差异。在场的作用下的粒子, 可以通过「拖行」和「吞并」组成该力场的粒子而得到有效的质量。至于力的强度差异, 全部或大部分是因为粒子质量本身的差异: 这些粒子包括载体粒子、涉及「阻止」和「反阻止」的粒子, 还有各种被压挤的力或转化成其他种类的力所产生的差异(以引致中子-质子转化的弱核力为例)。(2)任何接纳暴涨的众多世界理论, 都能避免那显见的严重错误——若由对称破坏而来的

---

<sup>119</sup> Wheeler in *Gravitation*, ch. 44, and *Quantum Gravity* (Oxford: 1975), eds. C.J. Isham, R. Penrose, D.W. Sciama, pp. 538-605 and esp. 556-7; Everett and others in *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics* (Princeton: 1973), eds. B.S. DeWitt and R.N. Graham; Tryon, *Nature* 246 (1973), pp. 396-7, and *New Scientist* 101 (1984), pp. 14-16; Linde in *The Very Early Universe*, p. 239; Ellis and Brundrit, *Quart. J. of the Royal Astron. Soc.* 20 (1979), pp.37-41; Guth and Steinhardt, *Scientific American* 250 (1984), pp. 116-128; Hoyle, *Ten Faces of the Universe* (San Francisco: 1977), ch. 6.

<sup>120</sup> See ref. 98; also *The Very Early Universe*, pp. 205-249 and esp. 247 on the "lunch"; also *New Scientist* 105 No. 1446 (1985), pp. 14-18, 这里提议膨胀的幅度是以十为因子的一百万次元。

<sup>121</sup> Demaret et Barbier, p. 205.

强度和质在在不同的区域有差异，那么我们会期望在对称破坏后，他们在分离区域中有所不同（因光线没足够时间把它们连起来），这一来，似乎就暗示着现在可见的宇宙大小，是由很广大的许多被磁单极、间墙和其他缺憾所分开的一众小领域组成的。对于这些，为何又没有多少痕迹可寻呢？遥遥相隔的星系，曾经广泛地分开，现在它们首次作出因果性的接触，但为何研究它们的结果，却认为力度强弱和质量在每处都是一样的呢？如上所述，暴涨可解释这问题，所有我们能够观察到的，都是在同一个膨胀的区域。

所以，发展成熟的「众多世界理论」所提供的，就是要解释为何有生物可以观察到一个「精心调整」给生命所需的状态。即使大部分众多世界体系提供的条件尽是不利于生命，迟早也会有一个具生命条件的宇宙出现。也只有这样的一个宇宙，才能被生物所洞察分析（这就是人择原理），我们便不需要用上帝来解释。

## VII.

对于以上问题，现代物理学家会有甚么反应？或许是这样：

A) **众多世界理论**属纯猜测，主要证据就是「精心调整」，这其实可以用上帝作为解释。

B) 上帝可以通过定律来创造这众多世界，并且借着**机会率**去产生出有利生命的众宇宙。（如果世界总体是无限的，那么也会再生成无限多的世界了！）不错，我们目前面对这个诱惑，就是将生命条件的性质，单单归因给**机遇**，而舍弃上帝这个假设，将上帝看为一个没有必要性的多余东西；但是，这个上帝假设的证据并未完全被抹杀掉。首先，任何以**众多世界理论**去解答「精心调整」这现象的人，除非先假设了暴涨理论，否则都会遇上困难。（因为不然的话，为什么我们没有看见分隔开宇宙不同区域的界墙？）如上所论，任何合宜的暴涨，本身极需要「精心安排」（尤其当量子波动先暴涨，再产生出密度的变异，各星系从中发展<sup>122</sup>）。纵使这样的暴涨被我们宇宙的大统一理论支配，我们仍一样会有问题，且更为迫切，因「最简 SU(5)」已被推翻[参注 69]，而被推翻的这部分正是该理论可应用于暴涨的地方。

C) 要回答以上问题，我们可假定有一个**总体**存在，所有可能的大统一理论都在其中某处被体现出来。（Atkins 似要这样做）但是，以上帝適切地挑选这理论来解释为什么有这样一个奇妙宇宙，岂不更简洁吗？因此，「那么，谁造上帝呢？」面对如此天真的问题，新柏拉图主义神学[参注 5]在这里也不会被难倒。

D) 现在就来列出那些或然率十分低的幸运因素吧！那就是那些在跨越各宇宙而没有变化的因素，它们正如先前提到的力强度和粒子质量一样是不变的。

(1) 我们的宇宙十分复杂：即使在高温下，任何要描述它的公式都得有很多专用词，这正反映在大爆炸冷却和对称性破坏时，各种力和粒子复杂的等级的可

<sup>122</sup> See, e.g., Linde on p. 216 of *The Very Early Universe*.

能性。然而，这是简单得足以令人明白，如果要演化出意识，这简单性是必须的，因为若果宇宙是不能被明白了解，那么这意识又怎算得上有一个进化上的优势？

对宇宙既简单又复杂的混合性质，你会感到诧异吗？E.P. Wigner 的文章“*The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences*”有详论<sup>123</sup>。再想想，如果不是有惯性（*inertia*）存在，我们所明白的将是何其微小！（惯性保证高速运动中的微小粒子不会下掉（Alex，我想这不应是下掉，但却找不到合适的翻译）的，正是极微弱的力，惯性真是神秘：对此，Ernst Mach 只得这样解释道，宇宙间每样物体都以某种方式，跟其它物体协通过）。你也可以考虑 Bertrand Russell 的观点：事物之可以被理解，只因远距离物体间互为因果性的影响是很轻微的。（这绝不是无可避免的，夸克间的各种力会随距离而增长，其它与这宇宙常数有关的力也一样）。

(2) *狭义相对论*。无论物质向另一物质走近或离开的速度有多快，生命仍可在不同惯性系统中发展。（但情况也有例外的 视乎太空中的经迹++++，也视乎光速进入这经迹的快慢而定。在不同的系统下，生命大可以是不可能出现的，因为向着某方向的力难于或不能够追得上在它前面的粒子）。

(3) *量子化与最低作用*。能量不会无意义地消散，只会集中成爆炸力或呈直线传递，（参考前面所述），同样电子也不会旋进原子核中等。

(4) *再常性 (Renormalizability)*。生命存在，只因为量子波动，再加上波动的波动等，但不会有无限的波动。我们也不可以藉「虚拟」的点粒子（*point-particles*）在互相几乎是零距离的情况下成形，来得出无限。最近才有人提出如何避免以上这种无穷（其中大部分可互相抵消。宇宙没有无限地分割下去，反而会在  $10E-33\text{cm}$  的速度下变成一片「泡沫」。又或者点粒子被超弦（“*superstrings*”）取代。）

(5) 仍叫人感到困惑的是，有一个「*时间之箭*」（“*Arrow of Time*”），就是熵值增加的方向。（前面建议过的宇宙起始于低引力熵值，这只提供部分解释；为什么熵值这么低呢？为什么它还有增值的空间呢？Penrose 说，我们在这里「只触摸到在物理学观点上勉强可以明白的东西」，看来我们还要接受那些时间不对称的基本定律<sup>124</sup>）。

(6) Rozenal 坚持道：如果粒子不旋转，则无电磁力和引力，所有强子（*hardrons*）欠缺同位素的旋转，则不会有复杂而稳定的原子核<sup>125</sup>。不过，在理论的早期，提出粒子旋转的确是奇怪得会叫人捧腹大笑。

(7) *激子守恒*（参考前面）和一众奇奇怪怪的守恒定律，都连系着其他让人惊异而美妙的对称定律。

<sup>123</sup> *Commun. in Pure and Applied Math.* 13 No. 1 (1960) p. 227.

<sup>124</sup> Pages 581-638, and esp. 594, of *General Relativity*.

<sup>125</sup> *Uspekhi* paper, p. 302.

### VIII.

我站在在 Newton 的肩膀上，也可以只对此浩瀚的领域有些粗略的认识；在本文很多哲学性命题都未及提出来讨论（诸如或然率理论、间接观察、为何凡事都有阐明的需要等）。<sup>126</sup> 然而，有两点可以确定的：

第一，在这如此复杂的学术领域，恐怕再过数百万年，仍难有确切定论。在大爆炸最早的一瞬间，大量广阔的微宇宙的存在，都是我们无从亲历的。我会说，同样道理可以应用在上帝的真实中。

第二，无论如何，已有良好基础让我们思考以下问题：在可观察的宇宙间显然有为生命条件而设的「精心调整」。虽然，在一定程度上，宇宙论超越我们的经验范围，但众多世界理论的诠释仍然是清晰有力，有神论的诠释也是一样，Newton 早已在他庄严而动人的著作中提出过了。

鸣谢：翻译本文之过程中，译者得到澳门大学一位研究生的鼎力相助，特此致谢。

基督教线上中文资源中心(OCCR)版权所有©2005

OCCR 鸣谢 Leadership University 及文章原作者允许翻译并在网上发表本文。

读者可免费下载本文作个人或小组阅读及研究，唯必须全文下载，包括本版权声明，并在引用时声明出处。引用方法及中文文章版权详情及来源可参

<http://occr.christiantimes.org.hk/introduction/citationandcopyrights.htm>。

本文网址 [http://occr.christiantimes.org.hk/art\\_0128.htm](http://occr.christiantimes.org.hk/art_0128.htm)

OCCR 网址 <http://occr.christiantimes.org.hk/>

[繁体 PDF 档下载](#) | [简体 PDF 档下载](#) | [英文原文](#)

---

<sup>126</sup>我在其他关于宇宙论文章，尝试去修补这方面，请参考 *Philosophy* 53, pp. 71-9; *American Philosophical Quart.* 19 (1982), pp. 141-151, 印刷错误的地方修改在 No. 4; pages 53-82 of *Scientific Explanation and Understanding* (Lanham and London: 1983), ed. N. Rescher; *Mind* 92 (1983), pp. 573-9; pages 91-120 of *Evolution and Creation* (Notre Dame: 1985), ed. E. McMullin; pages 111-119 of *Current Issues in Teleology* (Lanham and London: 1986), ed. N. Rescher; pages 87-95 of *PSA 1986: Volume One* (Ann Arbor: 1986), *Proceedings of the Phil. of Science Assoc.* ed. A. Fine and P. Machamer; "Probabilistic Phase Transitions and the Anthropic Principle," 将会刊登在 *Origin and Early History of the Universe* (Liege: 1987), *Proceedings of the 26th Liege International Astrophysical Colloquium*; "The Leibnizian Richness of Our Universe," 将会刊登在 *Science and Metaphysics in the Philosophy of Leibniz* (1987), ed. N. Rescher.