

# 我的思源致远之路

王雄，2012

---



# 目录

<b>饮水思源</b> .....	4
那些花儿.....	4
缘起高中.....	5
饮水思源.....	7
弃文从理.....	8
东方不亮西方亮.....	9
遇见.....	11
<b>数学</b> .....	13
喜欢全景.....	13
数学的全景.....	14
代数：世界的构成与结构.....	15
分析：世界如何变化.....	18
几何：世界的形状.....	20
其他的数学.....	22
数学和物理.....	23
数学的进步.....	26
天外有天.....	27
科学的源头.....	29
可与不可.....	30
期待新数学：数学的统一.....	31
<b>理论物理的天空之城</b> .....	33
物理理论的功能.....	33
物理学的层次.....	34
引力第一重境界：哥白尼弟谷.....	35
引力第二重境界：开普勒.....	37
引力第三重境界：牛顿.....	41
电磁理论：法拉第麦克斯韦.....	44
牛顿与麦克斯韦：方程的相似.....	47
世界是什么：粒子还是场？.....	48
爱因斯坦：重新审视时空.....	50
狭义相对论遗留问题.....	53
十年磨一剑：引力的第四重境界广义相对论.....	54
一生最幸福的思考：引力几何化.....	56
统一之梦.....	60
外尔的统一：实则虚之，虚则实之.....	61
电磁理论的第四重境界：局域规范原理.....	64
量子之谜.....	66
黑暗物理学的光明未来.....	67
<b>千与千寻统一理论</b> .....	68
真与美.....	68

美的境界.....	68
统一：物理学进步的方向.....	71
万物之源宇宙之基.....	72
统一：形而上还是形而下？.....	75
从经验世界到理念世界.....	77
为学日益,为道日损.....	77
始终如一，中间各千.....	78
上帝不会掷骰子.....	80
当我们都不看月亮的时候，它还在那里吗.....	83
何为量子化.....	84
上帝不打补丁.....	86
量子力学中的复数.....	87
内外之辩：什么是内部空间？.....	89
旋量与张量.....	89
相对性原理—规范原理.....	90
广义相对性原理还应该继续贯彻到底.....	91
物理量的分别和统一.....	93
物质---运动---时空，三位一体.....	95
巍峨成一统登峰须十年.....	96
<b>统一之后的科学：通往复杂性.....</b>	<b>99</b>
填充科学金字塔.....	99
复杂性科学也必将追求逻辑简洁一致性.....	101
复杂性科学活物的科学.....	102
复杂性科学以人为本.....	102
生命之源：信息、秩序、进化.....	104
<b>人间世.....</b>	<b>105</b>
道是无晴却有晴.....	105
人是什么：自然-社会-心灵.....	106
自然的人.....	106
工具：人与自然的交叉.....	107
社会的人.....	108
军事-政治-法律-商业-伦理-道德.....	109
灵性的人.....	111
中国传统三家文明：儒释道.....	111
数学-语言-音乐.....	111
科学和人文.....	111
我们是第几次文明.....	112

# 饮水思源

## 那些花儿

前段时间，走了很多路，见过了很多朋友，游历了很多地方，看过了很多风景。也短暂的回了母校一趟，不觉这一晃，离开思源湖已经三年了。重游故地，但这里的每一寸依旧是那么的熟悉，仿佛校园里的时光不曾流逝。只是这园子的主角，已经换了一拨又一拨，现在90后孩子们都要毕业了。回到校园，我也仿佛回到了青葱的校园时代。很开心地跟一帮孩子在思源湖放孔明灯，让我又想起我在思源湖放飞梦想。这个梦，七年了。

兜了一圈刚刚回到家里，于是开始静下来好好陪陪自己。像我这种类型的人，心里走过的路往往比脚下走过的路更重要。所以有冲动，在这个传说中的世界末日将要来临的时候，记录下现在自己的真实想法，留给未来的自己，也给未来那些想了解我的人，这也许是最好的途径了，因为“像我这种类型的人，一生中主要的东西，正是在于他所想的是什么和他是怎样想的，而不在于他所做的或者经受的是什么。”

这里记录的每一个天马行空胡思乱想，都如一颗梦

想的花朵，也许并不一定都能结成硕果，但幸运的是我，曾陪她们开放。我要趁现在，记录下她们的美好。

## 缘起高中

这个梦，还是从我高中说起。我高中就开始离开家，独立生活学习，在市里的高中即黄冈中学读书。刚进高中时，还不觉升学考试的压力，很自由地凭着兴趣读了很多书，听了很多音乐。那时候我们班上有个同学，她家订购了一套科普杂志，我时常跟她借阅，那是一些关于物理学宇宙学反物质暗物质等等的科普书，我很感兴趣。也是从那个时候起，被同学送了外号叫爱因斯坦，也许是在那么紧张的学习环境里我还花那么多时间读这些科普的闲书才得此外号，其实那时我并不了解爱因斯坦，但我还是很喜欢这个外号，这也许就是缘起。后来我自己取的网名，就是此名略改，叫“爱因思谈”，囊括了热爱、因果、思考、谈笑等诸多含义。

但其实，我高中时的兴趣不仅仅是在科学，我对文学、历史、音乐乃至政治等等都很有涉猎。婚姻似乎也是这样，在你认定某个人之前，也许会经历很多人很多风景，直到遇到特殊的某人。高中很自豪的一件

事就是，在高一的暑假，我通读了大半部《资治通鉴》，那时候有一种错觉，就是觉得我们中华的历史真是博大精深，发生了这么多惊心动魄的故事，把一个朝代的整个兴衰史读下来，体会其中的兴衰更替社会大势人间正道，确实有些意思。那时候市面上有很多讲权谋的书，讲究成大事要隐忍蓄势包容等等，我深以为然，以为人生的智慧不过如此。那时候，颇受儒家思想影响，把正统的修身齐家治国平天下作为自己的理想。但之后当我深入去读历史而不是浮在表面，这个信仰很快幻灭了，这是后话。

这种短暂自由阅读的时间只持续到了高二，后来就被卷入高考的与试题的斗争中了。这种枯燥的应试导致的后果是，高考后我对我喜爱的数学完全产生了误解，以为数学就是这样无穷无尽的题海，从而导致我觉得大学再这些学四年似乎是很不可想象的事情。于是我第一志愿报了船舶海洋学院，当时是受交大招生办老师的宣传，他们说这个专业是交大的王牌，全国第一，而且当时我对世界地理经济的认识就是，哪里有海岸线哪里有港口，哪里就繁荣，那时我的想法是中国这么长的海岸线，好好建设多几个上海香港这种大都市。尽管对数学有误会，但我还是把一向热爱的数学放在了我第二志愿。就这样，高考前对这些东西

毫无概念，志愿几乎是瞎报的，糊里糊涂地来到了交大。

## 饮水思源

高考后，从高中的单调封闭的环境中挣脱出来，历经艰辛终于迈入了交大的大门，那时的我觉得一切都是那么的新鲜。在大学里相对自由得多的空气里，我尽情地呼吸着，阅读着，思索着。以前没有来得及想，没有时间想的问题，统统进入我的思索范围。作为一个有了独立思考的理智的人，开始思考宇宙世界的本质、人类社会的演变、人生的意义等等。

人之所以为人，就在于我们不仅仅满足于个体的生存，我们不像动物那样饮水只是为了本能地解渴为了生存，我想我们和动物最本质的区别就是我们有思考，我们要思考水的源头，水从何而来？

所谓饮水思源，我们作为生命，本能地就会思考我们的宇宙从何而来？我们的生命从何而来？我们的社会从何而来？我们的智慧从何而来？只有思考好了这些问题，我们才能知道存在的意义，生命的意义，我

们才知道我们要到哪里去。“思源”才能“致远”。

在思源湖边，我问自己，到底什么才是最本质的，什么才是最值的追求的，自己想成为什么样的人，什么样的人生才是最有意义。正是对这个问题的执着思考，慢慢把我引上了理论物理的道路。

## 弃文从理

前面提到，高中时，我把资治通鉴啃了一半，但细细一想，正所谓“但记得斑斑点点几行陈迹五帝三皇神圣事骗了无涯过客”，历史的真相并不如史书所记，那些帝王将相冠冕堂皇的丰功伟绩背后，都是人民的血泪。

中国历史，几千年来看似发生了很多故事，但反反复复的都是那些打天下败天下的怪圈和轮回。这是一个让人绝望的怪圈，秦王暴政，民不聊生，陈胜吴广揭竿而起，替天行道的大旗之下干着抢钱抢女人的勾当，给旧政一击之后，自己续而迅速腐化瓦解，剩下诸侯并起，楚汉相争，用尽权谋或者叫耍尽流氓之后坐得天下，一将功成万骨枯，兔死狗烹，威加海内兮归故乡，安得猛士兮守四方，继而换汤不换药，再循环，再腐化，再暴政，再血洗，再生灵涂炭。这个剧



情反复上演。实在是“兴，百姓苦；亡，百姓苦”。

鲁迅先生一语道破，“我翻开历史一查，这历史没有年代，歪歪斜斜的每页上都写着“仁义道德”几个字。我横竖睡不着，仔细看了半夜，才从字缝里看出字来，满本都写着“吃人”两个字！”这似乎是一个让人绝望的原地踏步的怪圈。

我痛苦地思考如何求解这怪圈。这时候，我开始放眼世界，开始学习西方史，才找到跳出这种怪圈的答案，那就是科学和民主。正所谓生产力决定生产关系，所以归根结底，推动人类文明的真正动力，是科学。

## 东方不亮西方亮

西方的历史，最给力的是近代，也是东方历史最不堪的一段时间。这一段时间，人类文明经历了前所未有的激变。漫长的中世纪，文艺复兴，科学艺术大繁荣，然后是资本主义蓬勃发展，带来全世界的巨大变局，宗教政治文化经济的革命，一直到今天的现代社会的格局。这些绝不是原地踏步地循环，而是切切实实地在进步，文明的发展，人的生存质量和生命的价值的提升。

而人类的一切这进步，源动力得益于近代科学的诞

生和发展，带来的几次翻天覆地的科技革命，可以毫不客气地说物理学改变世界。

人类历史似乎在以一种加速度在发展，似乎过去的几千年的变化也不及过去一百年的变化。20 世纪发生了太多的大事和剧变，其中当然包括二次世界大战，资本主义和社会主义的对峙，一触即发的核战争，爆炸式的信息革命等等。但 20 世纪发生了这么多事情，长远来看，能被记住的只有两件，那就是相对论和量子力学。这话不是我原创，我已经找不到出处了，但我深以为然。

好，继续回到本质的问题，我继续问，这一切的源头在哪里？

所以这里我的重点不是物理学给人类带来的各种突飞猛进，而是这样一种惊讶：这些剧变的源头，并非是出于某种功利的目的，而是一群仰望星空的人们，出于一种纯粹的对自然本源的探索，出于对上帝创世奥妙的参悟。

所以最终我对这些思考的答案是，人类社会的进步依靠科学的进步，科学的核心是物理学，物理的中坚是理论物理，理论物理需要精深的数学为基础。于是乎，我放弃了原来的专业，转到了数学系。

## 遇见

一个决定性的事件是某天我在图书馆闲逛，偶然读到爱因斯坦的一篇自述，那是他晚年回忆性的文字，写了他一生的思索，心路历程。那种感觉，不知道算不算传说中的一见钟情，我突然觉得，他写的每一个字，我都感同身受。他写他大学时讨厌考试逃课自习，简直就仿佛是我自己写的。他谈到晚年一直魂牵梦绕的统一之梦，尽管当时我根本不懂这个问题到底有多艰深，但我很开心，没有太多思考，默默对自己说，终于找到这一生最值得奋斗的目标了。这也许就是传说中的一见钟情吧。

人生的变数很多，但我相信人生是有一种绝对，很多东西是可以超越生命的，正因为这些东西远远超越了生命的尺度，所以这些东西是绝对的，是不变的，是超越时间的。

和无数先贤一样，我的这个梦想，是想领悟上帝创世的秘密。人类在宇宙中不过是最卑微的尘埃中的尘埃，无论时间或空间尺度，都是微乎其微的一瞬，以此忽悠之一瞬，参悟上帝之永恒，那这个梦想比生命本身相比，必定是绝对的，永恒的。

以上是我如何走上这条路的，这一年是2005年，也

是所谓的世界物理学年，纪念爱因斯坦的奇迹年 1905 年过去一百年。那一年他和现在的我一般大，26 岁，在瑞士专利局里写出了几篇文章，为近代物理奠定了基础。

# 数学

## 喜欢全景

这里先谈几件数学学习过程中的一些感受。一个是微积分中的 stokes 公式。我们的教育有个问题，是讲了太多的铺垫的东西，给你很多的细节，却不给你一个全景，我学了一年半的数学分析，但你要问微积分里最核心的东西，最全景的东西是什么，能不能一张纸一个公式囊括尽可能多的内容？老师们和很多数学学得很好的同学似乎都不屑这种问题，而我却贪求一个全景的东西，因为我发现我的智商或者记忆力远远不如周围优秀的同学，我对细节内容的记忆力和掌握力实在有限，所以用我有限的脑容量我总想尽可能装进去更本质更全景的东西。这个在微积分里，其实就是 stokes 公式，可惜的是我们上了一年半的数学分析都不讲这个最漂亮的部分，而大把的时间花在细节的解题技巧等等，直到课上完后，大家在准备复习考试时，我自己接着看了一些书，才豁然开朗，从 stokes 公式的角度俯瞰之前的各种微积分定理，有一种会当凌绝顶，一览众山小的感觉。

## 数学的全景

我可怜的脑容量，只能记住最美的东西。这也有一些好处，就是出于这种节省，某种程度上使得我能够把中心的和基本的內容同那些没有原则重要性的表面部分区分开来，至少是区分开我认为美的东西和丑陋琐碎枝节的东西。

这里尝试对数学的全景做一个勾画，可能每个数学家对这个全景的看法都不一样，但每个人都有权力表达他自己的感受。

数学是研究自然的语言。我们相信，上帝用美丽的数学创造了世界。数学一方面是纯理性的构造，一切严密而完备的逻辑体系都可以作为数学的研究对象，这就好比语言学研究一切语法正确有意义的语句，从这个角度看数学是有很大的任意性的，似乎很难梳理出全景，分清主干和细节。但另一方面，从数学的目的来看，数学目的在于描述自然，则可以根据这个目的将数学大致划分为代数、分析与几何这三块。

数学是定量化研究自然的工具，首先的问题是，什么是描述自然的量，这些量之间的关系是什么？这个是代数学。这些量如何变化，这个是分析学。这些量以及它们的结构和变换，使得自然展现出什么样的形

状？自然的时空结构是什么？这个是几何学。

这三块也是我认为最美的一些数学理论，也是四年学下来我曾给我深刻印象的一些数学，都给我一种统一的美感。

## 代数：世界的构成与结构

代数，就是研究世界的构成极其机构。

数学是定量化研究自然的工具，第一个要解决的问题是，什么是描述自然的量。这个问题最自然和原始的答案是自然数，正如这个名字，这似乎是逻辑上最简单自然的量了，自然数是人类对客观实体的分离独立性的抽象。有部分数学家甚至坚信，上帝只创造了自然数，其余的都是人为的。但自然数的结构毕竟太简单，能做加法和乘法，但除法不行，为了可以做除法便引入分数，为了减法可以任意进行引入负数，这些一起构成了有理数。继而为了自由地做极限运算，引入了无理数，这样就完备地构建了实数体系。物理量可以用实数来表达，这是大家对测量仪器读数的直觉抽象。至于复数是否有这种实在性，就不那么直觉了，但近代量子力学显示复数似乎是无法回避的，比如波函数是复函数。复数之后，还有四元数、八元数

等。但四元数的乘法不符合交换律，而八元数则不满足于交换律和结合律，进一步的推广会丧失更多我们习惯的性质。这是一条推广量的思路。

另一条思路是，从标量到矢量到张量。有些物理量需要用一组纯数量来表达，如运动学中的位移、速度、加速度，力学中的力、力矩，电磁学中的电流密度、磁矩、电磁波，广义相对论中的时空度规。关键思想是，这些数量本身是坐标系依赖的，不是本质的，这一组量具体的值会随坐标系的变换而变换，但这一组量背后的几何实体是客观不变的。这里面其实蕴含了相对论的思想，即物理规律的客观实在性，相对论的思想是物理规律必须不依赖于坐标系选取的主观任意性，或者说不依赖于观察者自身的特殊运动状态。这种物理量的推广方向，最简单的是协变矢量和反变矢量，更一般的推广是张量。张量简单的理解就是在坐标系变换下能像张量那样变换的东西，如 A.Zee 所说，*tensor is something transform like a tensor*. 一般来说，张量的书都会讲这样一句很激动人心的话，一切物理量必须用张量来表述，仿佛“什么是描述自然的量”的最终答案已然找到就是张量，但往往有个讨厌的脚注，说旋量例外。这个问题表明，张量作为一种不依赖参考系变换的一般的量并不称职，至少来说此时的定义只



对光滑坐标变换有意义，对一般任意坐标变换是没有意义的。如何找到真正对任意坐标变换都有意义的一个最一般的量？旋量的本质有是什么？与张量如何整合？这些问题的答案也许能给我们这个问题一个最终答案，到底什么是描述自然的量？

近代代数学其中很美的部分就是描述对称性的群论以及在几何学中的应用，对称性在物理里的重要性怎么高估都不为过。现代物理几乎被两种对称性所决定：相对论要求的时空对称性和规范原理要求的规范对称性。

我用这样一个比喻来说明，为什么代数就是研究世界的构成和结构。世界是由分子原子构成，原子由质子电子等基本粒子构成，这些基本粒子由夸克构成，夸克是什么，就是一堆对称性，由某些对称群决定。规范场理论对粒子物理的清晰指导，使得粒子世界仿佛建立在某种对称群之上。这样整个世界就建立在这种代数结构之上了。这就是粒子物理里的代数结构的研究，是很漂亮的一块研究领域。现代物理很大程度上就是对一些特殊群的研究。

最后我想提一下的是 Clifford algebras 的研究，这个可以看做是代数是复数、四元数和外代数的推广，并且结合了内积和外积两种运算。这也是一个充满这种

推广和统一的美感的领域。(前面提到的几个问题,在我 2013 年春天的闭关学习中,获得了部分解答。旋量和张量,在 GA 中得到了整合和统一,具体见后面旋量与张量这一节)

## 分析：世界如何变化

代数学建立了描述自然的量,分析学就是研究这些量之间的关系。所谓微积分的思想就是,研究一些量的微小变化如何影响另一些量的微小变化,以及这种变化的整体效应。

数学分析里最漂亮的结果就是,微积分基本定理的推广,广义 stokes 公式,这个是分析学的高峰。这个定理表明相差一个恰当形式的闭形式在相差一个边界的链上的积分相同,深刻地反映了微积分的辩证关系。此结论还可推广到可定向分段光滑  $n$  维流形上。后来复分析里又有个类似的核心公式叫柯西积分公式,它主要表述了任何一个在闭圆盘上复可微的方程在圆盘内的值完全取决于它在盘边界上的值,并且圆盘内每一点的所有的导数也可通过柯西积分公式计算。这两个公式分别是实数分析和复分析中的两个核心公式,

有些许相似之处，那么一个很有趣的问题是，如何统一这两种积分公式？大学就曾经想过这个问题，但直到最近才找到这个有趣的问题的答案，那就是geometriccalculus，这是一种全新的理解复数的方法，也导致了一种全新的统一地理解微积分的方法。如果这个方法能加入对分形函数的处理，那就完美了。

微积分成为了数学建立的典范，很多新的数学分支都可以看作是微积分在某种意义下的推广，比如最开始的一元函数微积分，到多元函数向量分析，到复分析，实分析，张量分析，到泛函分析。

微积分中的一些基本思想，和派生出的一些基本工具，在几何学，代数学里都有很多应用。比如用局部线性近似非线性（泰勒展开），函数极值则变化率为零等。这些思想都是各种分析学中都不断深刻体现的一些基本思想。比如在泛函分析中的最小作用量原理，思想就类似于最基本的一元函数中函数取极值则导数为零。

尽管分析学已经取得了巨大的成就，最后提一点潜在的问题和未来发展方向。整个分析学有一个基本的缺陷，所谓的可微性是要求自变量的微小变化带来的因变量的微小变化是同阶无穷小，而连续性则仅要求他们都是无穷小即可，这就意味着整个分析学能处理

的所谓可微函数其实是一般连续函数中极其特殊和局限的一类函数。这个问题的突破将带来新的分析学。

## 几何：世界的形状

几何起源于对我们世界空间的研究，比如欧式几何。这套几何体系基于几条尽可能最自然的、不证自明的公理，这些公理通过逻辑推演得出整个体系。尽管很多几何定理在欧几里得之前都有人提出，但欧几里得的伟大之处是从纷繁复杂的各种定理中找到几条最基本最自然最原始的定理，把它们作为原理而推出一切其它定理，这是最早最成功的一套公理体系。这种体系的力量就在于，只要我们坚信最底层的几条原理是正确的，那么逻辑推导出的一切定理无论其表观多么复杂多么不可思议，其正确性是毋庸置疑的。这就是数学的力量。当然，后来人们觉得第五条公理似乎并不那么简洁明了，似乎并不是不证自明，最终放弃了这条原理，而建立起非欧几何。可见选取什么作为公理确实有人为的任意性，一切都必须基于一定的假设和信仰。

几何学的进一步发展，源于代数和分析的方法普遍

应用于几何。比如用代数方法研究几何诞生了解析几何，用分析方法研究几何诞生了微分几何。群论提供了一种统一检视各种几何的方法，每一种几何对应一个变换群，各种几何研究的对象是各种在相应变换群下不变的性质。在正交变换群下保持几何性质不变的便是欧式几何，在仿射变换群下保持不变的便是仿射几何，在射影变换群下保持不变的便是射影几何，在微分同胚群下保持不变的便是微分几何。这一纲领非常伟大，因为它统一了大部分几何学；但也有不足，因为它没有把黎曼几何包括进来。于是，犹如物理学追求大统一理论一样，几何学也需要在更高的观点下统一——这就是由嘉当等人所发展的联络理论。

研究时空的几何结构可以说是相对论最本质的内容，相对论就是要发现真实的物理时空所遵循的对称性，或者说真实的时空的几何结构是什么。现有的微分几何框架是否足够丰富以描述真实时空的几何结构，特别是时空的量子效益？我寄希望于分析学的革命带来新的几何学，那就是分形几何。

最后简单说说分形几何。回顾几何学的发展，最初从丈量大地的生产实践中抽象出欧式几何这种平直时空的概念，后来就是脱离自然直觉，埋头从数学逻辑体系自身发展，一直发展出解析几何、非欧几何、微

分几何等等。但我们再抬头反观自然，大自然中处处呈现的是一种分形的几何，天空的云彩，大地的山脉河流，花草树木，无不有分形特性，我们现有的数学对这一类几何的刻画是很无力的。不得不说，近代的几何学已然发展得非常艰深了，但造物主之智慧永远远远高于我们人类，他用他所创造之物，告诫并指引着人类前进。

## 其他的数学

除了以上三块，我这里也谈谈其他的数学。主要是所谓的随机数学，计算数学和其他一些应用数学。随机数学是很重要的一块，从实用的角度看，概率统计的东西用来处理复杂系统甚至比前面提到的分析等更有效。我认为这是分析学发展得还不够的原因。我的直觉和愿望是，随机数学是描述不可微函数的一种权宜，有朝一日可以把随机数学融入到三大主流之中就最好了。但无论如何，不可否认随机数学在生存实践中的巨大实用价值。

还有计算数学，尽管这个词的具体内容并不明确，我泛指借助计算机来模拟的一种方法，这种方法在计

计算机出现后迅猛兴起，日益强大。最杰出的代表就是，Stephen Wolfram，这是个天才式的人物，他开发了一个强大的计算软件 Mathematica，他的一种哲学是简单的规则通过迭代运算可以导致复杂的结果，唯一知道结果的方法就是让自然运算下去，并且把这种思想总结为 A New Kind of Science，一种新的科学范式。

计算数学在处理工程中的实际问题确实是威力巨大的，但这和我们熟知的数学语言，熟知的物理学还是相去甚远，而且 Wolfram 的东西只是计算世界的东西，要和真实世界关联起来似乎很难，如果关联不起来，就是一种数学游戏了。我个人更愿意相信那种精炼简洁漂亮的方程来描述自然。

## 数学和物理

这里我想谈谈数学和物理的密切关系和本质区别。

数学研究的是逻辑上成立的一切可能性，讲究的是合理性。物理则是要找到一切可能性中真实世界所遵循的那唯一真实的可能，讲究的是真实性。

所以数学上，无所谓是欧式几何还是非欧几何哪一种几何更真实，数学只关心它们内部逻辑一致性和严

密性，它们都在数学上都是合理的存在。但物理则不同，物理关心的问题就是真实的自然遵循那种数学，真实的时空是平直的还是弯曲的，哪种才是真实的？所以实质上物理关心的是什么条件下真实的物理世界可以用何种数学来描述，这是物理学的核心问题。

历史上，也确实如此，经常有这种情况，数学家凭空创造的数学概念在很多年后才被物理学家发现其和自然的联系，比如黎曼创造的弯曲几何，比如虚数最开始是个纯数学的构造后来发现在量子力学里变得不可或缺。

再有一个例子，陈省身建立的整体微分几何学，恰为杨振宁所创立的规范场论提供了合适而精致的数学框架。这一科学渊源，事先任何人都没有想到过。杨振宁曾经对陈省身说：“非交换的规范场与纤维丛这个美妙的理论在概念上的一致，对我来说是一大奇迹。特别是数学家在发现它时没有参考物理世界。你们数学家是凭空想象出来的。”陈省身却立刻加以否认：“不，不，这些概念不是凭空想象出来的，它们是自然的，也是真实的！”

这种数学是很好的数学，可谓是从更高的一个层次上，发现或叫创造了这个世界。但问题是，这种很好的数学并不多。这里我要强调的反倒是另一点，在某



种意义下，数学要大于物理，因为物理只关心数学里和真实自然发生关系的那一些数学，所以不可避免地，数学里也有大部分的是跟真实物理世界没有关系的枝节性的东西，只是一种逻辑游戏而已。

有一些数学家相信，数学家构造数学可以完全不受真实物理世界的束缚。我只部分同意这种观点，因为数学概念之初，还是必须是来源于我们的直觉经验，比如最初人们凭借自己的直觉，相信欧式几何是唯一合理的几何。只是后来的研究可以从逻辑体系本身出发，而摆脱直接的经验直觉，于是人们发现平行公式似乎不够自然，然后大胆地放弃之，而讨论一切逻辑上可能的情况，这才导致非欧几何的出现。人们创造自然数，也是出于对离散物体的天然直觉，后来又推广之负数，有理数，无理数，实数乃至复数，这些都越来越远离直觉。这种出于对逻辑体系本身的审视而带来的每次对旧有概念的推广和超越，确实是最好的数学所在，而且往往这种超越最后又发现了在真实物质世界中的对应。

总结一下，原始的数学概念起源于直接的直觉经验，然后自身内部逻辑体系的发展，然后产生的新概念又被发现了在真实物质世界中有所对应，而这种对应又打开了人类认知物质世界的新视野。物质—理念

—物质，物理—数学—物理，这种否定之否定的飞跃实在是科学中最让人惊艳的大美。

## 数学的进步

我用下面这个例子来区别所谓这种好的本质的数学和枝节性的数学，在欧式几何框架下的研究内容，最开始就是我们高中所熟悉的，从欧式几何公理出发，研究简单的几何体如平面上的直线平行线三角圆等等，这些固然是重要的，而且这个研究是无穷无尽的，你是有无穷多的细节的问题可以去把玩的，正如我们高考试题和竞赛试题层出不穷一样，永远有各种奇怪的定理可以去证明，比如三角形九点共圆，三边的中点、三条高的垂足、垂心到三顶点连线的中点，这九个点分布在同一圆上。这种研究从纯数学的角度看，固然是可以的，而且是美的，但毕竟只是一种智力游戏，属于枝节性的东西，如果沉溺于此则是局限于一个小框架里的低层次的重复罢了，这也是高中教育让我对数学产生的误解。

还以高中数学为例，那么更好一些的数学可以是引入新工具到旧领域，外向的，比如解析几何。利用解析代数的工具来研究几何，使得几何的研究变得精确

定量化，这是一个飞跃，很多以前很复杂的几何证明题，都可以用解析几何的方法来算，几乎成了一个一劳永逸的通解，这就是大巧若拙，如果人们沉溺于那些证明技巧而不是跳出来引入新的工具则永远有无穷无尽的题目要去证明。后来继续用更高端的工具，比如微积分来研究几何，就是成就了微分几何。所以我认为微分几何的下一步发展趋势，还是需要分析的新发展。

另一种好的数学是，内向的，颠覆基础而重建，比如非欧几何。对平行公理的突破，导致独立欧式几何之外的新几何体系的诞生。这也是一种跳出原有框架，根本性的突破和发展。

总之，向外发展发现不同领域之间的联系，或者向内发展重建领域基础，都是创造性的超越，都是根本性的进步。

## 天外有天

这里还要谈一下数学学习过程中的一个惊讶，那种感觉可以叫做天外有天。举个简单例子，就是从有理数到实数的飞跃。无理数的发现，曾经导致数学史上的危机，大家对这么奇怪的量感到不解甚至恐惧和敌

视，古希腊毕达哥拉斯 (Pythagoras) 学派提出“万物皆数”的信仰，数的元素就是万物的元素，世界是由数组成的，世界上的一切没有不可以用数来表示的。但他的弟子希伯索斯 (Hippasus) 发现了一个惊人的事实，一个正方形的对角线与其一边的长度是不可公度的 (若正方形的边长为 1，则对角线的长不是一个有理数)，这一不可公度性与毕氏学派的“万物皆数” (指有理数) 的哲理大相径庭。这一发现让人不解甚至恐惧，希伯索斯被迫流亡他乡，不幸的是，在一条海船上还是遇到毕氏门徒，于是希伯索斯被残忍地扔进了大海。但人们的质疑并没就此停止，这激励大家去探索。起初这种奇怪的数只有一些特殊的例子，比如对角线长度等，但经过很长的研究，直到实数理论的建立才彻底澄清了这一问题。人们惊讶地发现无理数这种怪物，不是少数，恰恰相反，在整个实数轴上，无理数反而是占绝对主导性的，打个比方，在实数轴上随机取一个数，是有理数的概率是 0，而找到一个无理数的概率是 1. 这其实是一个很大的惊讶。

另一个类似的惊讶是，我们的微积分通常讨论的函数都是可微的，甚至是无穷可微的光滑函数。而人们以前也相信，连续函数应该只是在很少的地方不可微。早期的数学家包括高斯都认为这是对的，一些书籍甚

至把此看法当作定理，写了证明（现在看来，显然是不严格的，比如说他们可能只考虑了初等函数）。总之大家相信基本不用关心不可微的情况。但后来，Weierstrass 函数的发现，让很多数学家大跌眼镜，惊叹为怪物。这是一个利用函数项级数构造出了人们认识到的第一个处处连续而处处不可导的函数。完全类似地，后来人们发现这种处处连续而处处不可导的函数在连续函数中占据了绝对的大多数，就像无理数之于实数一样。问题是，我们对这一大类的不可微函数完全没有手段来处理，我们不能对其进行分类，不能写出他们的表述，不能进行微积分运算，这是我认为亟待解决的问题。

这种惊讶在当代物理学里也出现了，我们现在知道，我们通常所讨论的物质和能量，只是占了整个宇宙的很小比例，而超过百分之九十以上的是我们目前一无所知的暗能量和暗物质。这也是对我们目前物理学的莫大的讽刺。

## 科学的源头

说到无理数发现者的遭遇，我简单谈谈，我觉得这固然是数学史上的一桩悲剧，但也从一个侧面反映了

毕达哥拉斯学派对数学宗教般的信仰。这种信仰和其他宗教一样，在早期都有一些野蛮和专横，但经过不断地自我革新以后，变成了很好的东西，比如现在的基督教。反而是中国的文化，是彻底的世俗的实用哲学，从来都没有过这种超越世俗的信仰，导致真正的科学不可能在中国诞生。我觉得，没有信仰的文明是可悲的，这也是现今的诸多时弊的根源。

近代科学的源头，可以说就来源于古希腊两个流派，一个就是毕氏学派的“万物皆数”，一个就是德谟克利特的“原子论”。这两派，可以分别叫做唯理派和唯物派，我认为这种区分只是低层次的，在更高层次上，是统一的，科学的目标就是要搞清楚物质世界最深层对应的理念，而这种理念必须通过某种数学来体现。

## 可与不可

前面说的，数学本来是要研究逻辑上成立的一切的可能性。但由于种种原因，数学家并不是万能的，很多情况下，为了研究的可操作性，数学家往往选择所有可能性中最简单的开始研究，而放下其他的可能性。

比如不可微函数,只是我们的微积分的手段太有限了,所以不能处理这种函数,我们就姑且取这种名字“不可微”,但讽刺的是,“不可”的东西是占绝大多数的,“可”的东西则是微不足道的少数。数学家为了研究的方便,选择了“可研究”的东西,放下了暂时不可研究的东西,但不能老是忘在那里,得面对我们的无知。所谓的“不可”必将被更高层次的“可”所替代。就像“无理数”其实非常有道理一样。

## 期待新数学：数学的统一

前面分别谈了分析、代数和几何这三块数学中我认为最漂亮的部分。这三块都很深,每一块里的每一个小分支的一个小问题都可以轻松耗掉一个极端聪明的数学家一辈子的精力,这对于我这种喜欢全景的人是很不利的。这里我要提一下就是,由 Hestenes 和 Anthony Lasenby 等人发展的 Geometricalgebra 和 Geometriccalculus, 可谓是集结了这三块数学中最美的部分,这正是我最喜欢的那种风格。

关于数学,最后还要提到一个我认为很重要,但在经典数学中研究非常少的问题。这就是分形几何,具体到函数理论中,就是连续不可微的函数。我个人认

为，分形几何是几何学的未来，处理不可微这种函数的方法，是分析学的未来。

所以我的目标是，发展 Geometriccalculus 推广至可以处理分形这种新的几何，或许叫 FractalGeometricCalculus，或者就可以理解为 Non-differentialgeometry。

首先将张量与旋量等做一般化推广，得到最一般的变量。然后建立处理这些量的一般连续变化的处理方法，即可处理最一般的函数的分析，特别是不可微。由此建立更一般的不可微几何，起如果这种不可微几何发展起来后，随机现象可以找到一个更可靠的基础，那么数学就找到了一个统一的基础。



# 理论物理的天空之城

## 物理理论的功能

以上说的都是数学，接下来要开始谈物理了。如上面所说，物理就是要选择出“真实”的数学，其实选对了数学，物理问题就解决了一半。

但物理毕竟不同于数学，物理本身是有层次的。科学研究往往是从实践到理论，再回到实践。我们首先通过实践，获得对自然界的感知和经验，往往这些认知是琐碎的，肤浅的。当这种感性认知积累到一定阶段，人们就尝试从纷繁复杂的现象中找到本质的内在的联系，建立理性认知，建立数学模型，来描述和解释自然，形成理论。而一个理论如果是科学的，则可以反过来指导实践，解释更多的现象，和做出预言。

这个就是理论的两大功能，第一个就是有助于我们系统地理解客观现象，主要是从实践到理论的第一步，理论有助于帮助我们吧纷繁复杂的现象梳理清楚。

理论的另一个更重要的功能，就是理论能解释超越以前经验范围之外的东西，可以对客观世界做出预言。如果一个理论偏重于前者，则是唯象理论，也可以看成是理论的初级形式，也是理论的基本要求，就是要

能包括现有的经验。更深刻的理论，应该更注重后者，即其预言功能，能超越现有的经验。

预言的正确性与否是检验理论的客观标准。但除此之外，理论本身的完整性、简洁性和美感等等，对于筛选正确的理论，也起着非常重要的作用。有的时候，特别是实验的可行性远跟不上理论的发展时，理论的完整性及其美感的作用甚至比实验更大。

## 物理学的层次

所以按照这个抽象层次的深入，我将物理学大致分为这样四个层次，是层层深入的四个境界。第一个境界是对客观世界现象的科学观察，形成某种范式(pattern)。第二个境界是对观察到的范式给出某种模型(model)来解释，一般是唯象的。第三种境界是对唯象理论给出机理性的诠释，或者叫动力学(mechanics)。第四种境界，是某种原理性(principle)的东西，是最深刻和最普适的，最接近上帝创世的秘密的。物理学的最高目标，就是找到某种最高的第一原理，来解释一切自然现象。

## 引力第一重境界：哥白尼弟谷

好，接下来就以引力理论为例，来详细分析这四重境界。为什么以引力而不是别的理论，因为第四重最高境界的理论本来就很少，相对论就是其中最好的典范，而量子力学，仅仅是到了力学的层次，却没有一个很给力的原理性的东西，当然规范原理隐约有这种感觉，但不如广义相对性原理那么到位，所以规范原理，我把它视为介于第三重境界和第四重境界之间的位置。

引力理论的整个发展史，可以说是近代科学的正道，是非常典型的经历了这个层层深入的过程。

近代自然科学的诞生是从天文学的突破开始的。地心说从表观上解释了日月星辰每天东升西落、周而复始的现象，又符合上帝创造人类、地球必然在宇宙中居有至高无上地位的宗教教义，因而流传时间长达1300余年。后来随着天文学观察数据越来越多，托勒密的地心说不断修补，越来越复杂，圆圈套圆圈，模型越来越丑陋，难以使人信服。我历来对这种缝缝补补的方法不看好。

之后哥白尼创立了日心说，向统治很久的地心说挑战。但是利用哥白尼模型火星轨道数据与第谷观测的

数据有8'偏差，就是对这8'的偏差的执着思考，导致了对天文学彻底的改革。这种忠实的记录和观察是一切科学的第一步，就是从观察数据中得到的基本范式。这个范式的得来，是发展出科学理论的基础前提，而往往这第一步也并不是很容易的。比如地心说的范式能统治这么久，直到今天，如果我们问如何看待每天日升日落斗转星移这些现象，可能还有很多人没有日心说的概念。

这第一层次的提升，实际上是要剔除掉最多的直观观察带来的假象的，从中归纳出正确的范式，而这对一些更复杂的现象，比如生命现象、社会现象等等，更是很难。我们今天所谓的复杂性科学，甚至发展了很久的化学、生物等等，其实现在还停留在这个层次，而且由于现象的纷繁复杂，很长时期都可能停留在这个层次。

这个层次的特点是，大千世界的现象是无穷无尽的，永远有新的更复杂的现象被我们去观察归纳，发现范式，从简单的机械运动，到热运动，电磁运动，原子核运动，到更复杂的化学运动、生命有机体运动、社会运动，直到最复杂的思维运动。

除了人们观察星空，看天上的运动，得到了圆周运动的范式。同时，人们也观察地面上的运动，苹果落

地做自由落体运动，石头抛出做抛物线运动，海水的潮涨潮落等等。这些现象也被归纳为某些范式，伽利略的工作，将抛物体运动分解为水平方向的匀速运动和垂直方向的匀加速运动，这同样也是一个伟大的范式。

这里我要对第谷，这位仰望星空的先贤，表达我的敬意，他不仅是一个勤劳忠实的观察者，而且是一个慧眼伯乐。年轻的开普勒写成《神秘的宇宙》一书，设计了一个有趣的、由许多有规则的几何形体构成的宇宙模型。第谷看到那本书，十分欣赏作者的智慧和才能，立即写信给开普勒，热情邀请他做自己的助手，还给他寄去了路费。开普勒来到第谷身边以后，师徒俩朝夕相处，形影不离，结成了忘年交。业务上，第谷精心指导；经济上，第谷慷慨相助。第谷由衷希望开普勒这匹千里马早日飞奔。第谷把自己几十年辛勤工作积累下来的观测资料和手稿，全部交给开普勒使用。他语重心长地对开普勒说：“除了火星所给予你的麻烦之外，其他一切麻烦都没有了。”

## 引力第二重境界：开普勒

开普勒没有辜负恩师的苦心培育和殷切期望，相

继创立了行星运动三定律，在科学史上做出了不可磨灭的贡献，被誉为星空的立法者。这里所谓火星的麻烦，就是火星的轨道按照正圆来处理总是偏差比较大。开普勒大胆地放弃行星轨道是正圆的假设，而改用椭圆，将太阳放在椭圆的一个焦点，因为使用椭圆，对称性丧失了，必然使得行星在不同位置的速度不一样，这就是等面积定律，这样建模后，得到与观测结果很好的吻合。

这里要提的一点就是，放弃正圆而选择椭圆，是人类对美的一次认识的深化。托勒密(Ptolemy)的地心说宇宙模型里尝试解释行星的逆行，但又不肯放弃正圆的完美，便想出行星循著本轮(epicenter, 周转圆)的小圆运行，而本轮的中心循著著称为均轮的大圆绕地球运行。这种模型可以较好地定性的解释行星为什么会逆行。后来，天文观测的准确度愈来愈高，地心说所构成的体系慢慢地不能配合实际的的观测，为了使地心说体系能符合观测数据，所以天文学家把越来越多的本轮一个一个地加到既有的体系上；甚至到后期，各个天文学家都不知道每个行星应该有多少个本轮。

这个模型是失败且丑陋的，我们有很多经验可以吸取。首先，默认了错误的基本假设即地心说，这注定了模型失败的命运。其次，圆圈套圆圈的模型太过任

意，太过唯象，而没有任何机制性的诠释，这种为了解释某个未知现象而强行引入的假设往往是很值得怀疑的，这种修补性的引入新假设往往是牵强的和不可靠的，我更相信从理论内部逻辑体系的进步来解决问题，比如水星的进动，爱因斯坦的广义相对论并不是为了解释这个水星进动而发明的，而是因为狭义相对论内部逻辑体系矛盾发展的必然产物，如果单纯为了解释这个水星进动而发明的，也许人们可以发现出很多很多牵强的模型，甚至可以很“精确的”描述水星进动。这里一个经验就是，人类总是足够聪明来建造足够牵强的模型来吻合实验观测，比如圆圈套圆圈模型在观测数据相当有限且不够精确的时候，基本能满足对观测数据的吻合。但这种吻合，并不是一个理论完美的证据，我更相信，理论完美的证据更多来源于内部逻辑体系的简洁美。

那么开普勒的运动定律就进入了第二层境界，他为行星运动找到了精确的唯象的描述性模型，就是椭圆模型。这是一个超越，因为再多的忠实的实验记录，只是停留在现象本身，但建立一个模型后，对现象做了深刻地提炼，严格精确地数学描述。

但这个模型毕竟还是个唯象的模型。唯象模型的缺点就是，不能揭示现象背后的机理，使得模型的适用

范围很大程度依赖于提出模型的原始实证观察，模型的推广性较小。

举个例子，开普勒的第二定律显示行星靠近太阳时运动得快，远离太阳时运动得慢，这和地面上的抛物体运动经验相符，抛出的石头，越高时越慢，越接近地面时越快，这是相似的。但月亮绕地球转，永远不掉下来，抛出的石头，总有落地的一天，这又是差异性。天上的运动和地上的运动这种相似性和差异性是否有更深层次的联系？开普勒的唯象模型对这样的问题无能为力。有趣的是这种相似性和类比，经常出现在物理学中，相似性背后往往蕴含着深层次的统一性，相似性是当深层次的统一性没被挖掘出来时的表象。

另外，唯象模型强烈依赖于得到模型的具体现象，推广性极弱，对地面上的运动不能适用。甚至对某些特殊天体运动也不能适用，比如双星体系(binary stars system)的运动，就超出了开普勒定律的管辖范围。

还有开普勒定律本身，第三条调和定律并不自然，作何解释。这一切都是模型这个层次所不能解决的问题。需要对各种模型，再做一次提炼和深化，得到某种机理性的东西，对天上的现象和地上的现象做一个统一的精确的解释。



伽利略预见道：“一门广博精深的科学已经启蒙，我在这方面的的工作只是它的开始，那些比我更敏锐的人所用的方法和手段将会探索到各个遥远的角落。。。”期待一个英雄人物从数学工具到物理规律的大综合。

## 引力第三重境界：牛顿

1687年，牛顿出版了力学经典著作《自然哲学的数学原理》，建立起了完整的力学理论体系，实现了物理学史上的第一次大飞跃。牛顿的伟大之处就是把天上的运动和地上的运动统一起来，找到了背后共同的机制，即万有引力，任意两个质点有通过连心线方向上的力相互吸引。该引力的大小与它们的质量乘积成正比，与它们距离的平方成反比，与两物体的化学本质或物理状态以及中介物质无关。

这个伟大的统一之所以能够成功，在于一个伟大的抽象：质点的概念。苹果和行星，形状、质地、化学组成等等，岂止相差十万八千里。中国有句古语，叫做“天壤之别”，就是天上和地上的差别是无比巨大的，但质点的模型，将这一切看做统一，如果我们关心物体的重力性质，这一切不相关的因素全可以剔除，只

留下一个核心的概念，质点的质量。牛顿的伟大，可以说在于让人类意识到“天壤无别”。

万有引力理论，再结合牛顿的运动学定律，可以推导出开普勒的行星运动三大定律，而且可以推导出开普勒唯象定律所不能包括的一些其它可能解，比如行星轨道可以呈抛物线运动或双曲线运动。还有双星系统的情况，在一个粒子并不超轻于另外一个粒子的状况下，依照广义二体问题的解答，每一个粒子环绕它们的共同质心移动。这都是开普勒定律无法预测到的。当然还可以推导出地上的抛物体运动规律，还可以预言如何把地球上的物体送到天上，相当于从实践上联系了地上的运动和天上的运动，比如人造卫星。

这里再次强调一下这样一种事实，这些给人类带来无穷福利的理论，起初却是来源于一群仰望星空的人物，出于纯粹求真的探索，而非功利性的服务于人们，但最终反而最大程度地给人类带来福祉。这可以理解为，人们努力接近上帝，上帝给人类的恩赐吧。

牛顿万有引力有着简单的假设（质点模型），简洁的定律（平方反比），却有着如此广泛的适用范围（几乎适用于经典的一切物体，天上的地上的），和非常精确的预言精度。这是理论最完满的状态，以最少最自然的假设，得到了最广泛的适用范围。这是人类认知

自然，建立理论的一个永恒典范。现如今很多模型则完全与之背道而驰，用很牵强的假设，很复杂的定律，却换来很小的适用范围，根本缺少理论简洁美和外推预言能力。

万有引力理论如此成功，以至于发现后的数百年根本没有人想过要改造或发展它。但万有引力理论也有一些问题，正是有这些问题，是理论未来发展的契机所在。牛顿的理论并不能完全地解释出水星在沿其轨道运动到近日点时出现的进动现象进动。牛顿学说的预言（由其它行星的重力拖曳产生）与实际观察到的进动相比每世纪会出现 43 弧秒的误差。牛顿的理论预言的重力作用下光线的偏折只有实际观测结果的一半。所有物体的重力质量与惯性质量相同的这一观测现象是牛顿的系统所不能解释的。还有牛顿自己对万有引力这种无法说明的超距作用感到不满意“一个物体可以不通过任何介质穿过真空间的距离对另一个物体产生作用，在此之上它们的活动和力可以传送自对方，这对于我来说简直就是一个天大的谬论。因此，我相信，任何有足够的哲学思维能力的人都不会沉溺于此。”可见牛顿自己很深刻地意识到这点。但这些问题是如此潜在的，并没有直接的紧迫性，所以一直到很久以后才被解决，事实上，如果不是爱因斯坦的出

现，我猜测这种潜在的问题可能还会被容忍和隐藏更久。牛顿和爱因斯坦这种伟大的物理学家往往对物理理论都有一种哲学上或叫美学上的苛求，他们往往不仅仅满足于物理理论直接的实用性。关键在于，往往这种巨大的理论突破，不是来源于理论实用性的紧迫需要，而往往是来源于理论内在和谐美的要求。

## 电磁理论：法拉第麦克斯韦

但要介绍引力理论的第四重境界广义相对论之前，必须谈谈物理学的另一个范式，即场的物理学。这也是历史上真实发展的过程。所以接下来，按照历史顺序，开始介绍电磁理论的四重境界，最后回到广义相对论。

牛顿力学的框架建立起来后，取得了巨大的成就，带来了世界上的机械革命，生产力的突飞猛进，也带来了社会的巨大变革。牛顿理论来源于对天体，抛物体等等机械运动的一层层抽象提炼，核心范式是质点。

但随着人类对电磁现象探索的不断深入，发现了一系列与牛顿机械运动所不同的现象和规律。并层层深入，最后由法拉第提出了场的概念，麦克斯韦完成了场的基本动力学方程。他们俩合起来完成了牛顿在质

点力学里完成的事情。爱因斯坦甚至说，引入场的概念，是法拉第的最富有独创性的思想，是牛顿以来最重要的发现。爱因斯坦的这个评价是很深刻的，这个确实是一个概念性的根本变革，而且场的概念天然与时空相对性的概念相融合，直接孕育出相对论。那么世界的本质是场还是粒子，抑或需要更加丰富的一种新的结构，这是一个很深刻的问题。

由于前面引力的例子里，已经很仔细地介绍了物理学层层深入的几个境界。这里电磁学的发展历史，完全重复了这个过程，所以只粗略地回顾一下这个历史。

早期电的现象和磁的现象是分别独立研究的，被看做是两个不相关的领域。早期都是一些定性的现象的发现，人们发现摩擦生电，静电同性相斥，异性相吸等等。

历史上，有很多科学家为电磁现象的观察积累做出了贡献。这里只代表性地提一下富兰克林，他有一个想法，天上的电和地电是统一的吗？他经过反复思考，断定雷电也是一种放电现象，它在实验室产生的电在本质上是一样的。于是，他写了一篇名叫《论天空闪电和我们的电气相同》的论文，并送给了英国皇家学会。但富兰克林的伟大设想竟遭到了许多人的嘲笑，有人甚至嗤笑他是“想把上帝和雷电分家的狂人”。为

了验证“地电”与“天电”的相同处，富兰克林想到雷可以击死动物，于是他就实验用“地电”去击杀火鸡，结果被电打昏了。苏醒后，却不介意地说：“我本想用电杀死一只火鸡，结果差点电死了一个傻瓜。”人们称赞富兰克林“从苍天那里取得了雷电，从暴君那里取得了民权。”这种人物是人类之光，永远值得人类尊敬。

我们可以看到，牛顿力学建立的历史大大启发了电磁学的发展，也将永远启发人类在更多领域发现总结新的物理规律，大家再次思考这些问题时，已经站在了一个更高的起点，有一个更高的眼界了。富兰克林时代，大家已经更加容易接受天上地上有统一的电学，而这在牛顿那时则是很大的革命性的观点。还有库伦定律的发现，也部分受到牛顿引力的启发。

当现象观察逐渐定量化和精确化后，人们慢慢归纳出一些定量的描述性规律。库仑定律是电学发展史上的第一个定量规律。其数学形式和牛顿万有引力规律很相似，也是平方反比规律。当然，由于电磁现象的丰富多样，后继又有很多定量规律的发现，如高斯定律，法拉第感应定律，安培定律等等，都分别从一个个侧面揭示了电磁规律。

## 牛顿与麦克斯韦：方程的相似

科学史上第二次伟大的统一，由麦克斯韦完成。这个方程在电磁学中的地位相当于在牛顿力学中  $F=ma$ 。麦氏方程的成功和伟大，这里我就不多赘述，我来强调一下几个有趣的地方。

首先，麦氏方程的不同数学表述，麦克斯韦 1865 年提出的最初形式的方程组由 20 个等式和 20 个变量组成。他在 1873 年尝试用四元数来表达，但未成功。现在所使用的数学以矢量分析的形式重新表达的，还有四个方程。如果用张量或微分形式来表述，可以减少到两个方程。用 GA 来表述，可以完美地写进一个方程。我相信，上帝可以用一条方程表达的，不需要用两条或四条或更多。简洁的数学形式也许表面上的物理效应和复杂的数学形式是等价的，但其形式可能更接近上帝的最终表达。

用 GA 来表述的一个优势是，与牛顿方程的相似性得到了完美的体现。牛顿力学的方程，表达了质点位置的二阶导数取决于外力和质点自身质量的比值。麦氏方程则完全类似，表达了场，用四矢量  $A$  表达，场的二阶导数（这里是几何导数，结合了内积和外积）取决于场源的激发，用四矢量  $J$  表达。这两个动力学

方程的有着如此高的相似性。

狄拉克曾经说过，他发现的方程比他聪明。的确，这么漂亮的电磁场方程确实是一把打开上帝秘密的钥匙。确实有很多可钻研之处。

说到规范对称性，当初，电磁场里蕴含的规范对称性存在了那么久，直到杨振宁才挖掘出其中的奥妙参悟出了规范场理论。现而今，电磁场里是否还蕴含了其他奇妙的对称性，比如标度不变，是否可能挖掘出其中隐含的深刻内容。

## 世界是什么：粒子还是场？

历史发展到十九世纪末。牛顿力学和麦克斯韦电磁理论完整建立起来了，带来的机械和电气革命，天翻地覆地改变了世界。这里不谈这些科学技术给人类带来了什么好处，我只来回顾一下，这些物理理论，使得我们对上帝创世的奥妙有何新的领悟，对“世界是什么”能给出什么更深刻的答案。

按照那时的物理学，世界有两种实在，一种是粒子，一种是电磁场，其动力学分别遵守牛顿运动方程和麦克斯韦方程组。物质都有抗拒外力改变其运动状态的能力，其度量是惯性质量；同时物质又普遍地吸引别



的物质和被别的物质所吸引，其度量是引力质量，有主动和被动。一个经验事实是，这几个物理意义相差甚远的质量概念，数值上等同的。

这就是当时物理学对世界是什么的回答，包括牛顿力学，牛顿引力和电磁场三块，最基本的概念包括时空，惯性运动，惯性质量，万有引力，引力质量，电荷，电磁场。

除了这基本的三块之外，还要提一下热现象，当时也已经有了唯象热力学和统计力学的理论，它们对于物质热运动的宏观规律和分子热运动的微观统计规律，几乎都能够作出合理的说明。但这一块和其它三块的风格很不一样，似乎并不那么基本，而只是研究一种宏观涌现现象，当然也许在一个更高层面，热学也应该包括就物理学最基本的概念基础之中。

物理学的发展，就是不断对“世界是什么”这个问题给出更加深刻简洁一致的答案。

事实上，上面这个关于“世界是什么”的回答是显然是不够简洁的，最基本的概念中，必然是有冗余的。而且基本的三块理论中，他们有什么内在联系，是否和谐一致的，这些问题非常的潜在，也非常的深刻。

这些深刻的问题的每一次进步，都是物理学的一次大飞跃。牛顿时空观和电磁场理论的矛盾，导致了狭

义相对论的革命。狭义相对论与引力的矛盾导致了广义相对论。那么剩下最后的一个问题，就是广义相对论框架和电磁场理论如何统一。这是爱因斯坦毕生的梦想，至今没有满意的答案，而且这个问题变得越来越糟糕，因为越来越多的“新概念”被引入物理学，而这些概念是否基本，和旧概念的关系如何，却越来越成为问题。引入新的暂时的概念往往容易，如何消灭旧的非本质的概念反而是最困难。而当今科学的局面却是，无数人在一起努力把事情搞复杂，没人去搞懂最基本的概念。所以，今天的科学，越来越难懂了。爱因斯坦有一句话说得很好，"Any intelligent fool can make things bigger, more complex, and more violent. It takes a touch of genius--and a lot of courage--to move in the opposite direction."，爱因斯坦的工作正是这个相反的方向，下面详细讨论这种勇敢而伟大的方向。

## 爱因斯坦：重新审视时空

回到爱因斯坦年轻的时候，他当时物理学的状态就是表面上非常乐观晴空万里，当时的物理学家以为物理学的重要定律全被发现了，理论完备了，此后的进展只能是关于次要问题的补充，实验做的更精确些，

增加测量数据的精确数值而已。但实际上并非如此，物理学的新发现已经推翻了物理学过去建立起来的基本原理：放射性和镭的永恒发热的发现，推翻了能量守恒定律；电子电磁质量随速度而变化的发现，推翻了质量守恒定律，“以太漂移”实验的否定结果，推翻了伽利略相对性原理；电磁作用以有限速度传播，使电荷体之间的相互作用违反了牛顿第三定律。

当然这些实验与旧理论的矛盾只是表面现象，更深刻的矛盾是不需要看这些表观的实验矛盾，而是看理论逻辑本身的内在矛盾。爱因斯坦发现狭义相对论，并不需要了解迈克尔逊莫雷实验的零结果，而是起源于他对牛顿力学和电磁理论间的矛盾的思考，他的追光思想实验。爱因斯坦很擅长做思想实验，他假想，如果人以光速追着一束光线，那么应该看到静止的光波吗，但这和电磁理论是相悖的。

爱因斯坦提出狭义相对论时空观的革命，从时空的性质出发完美地协调了这两者之间的矛盾。他相信世界的统一性，这种统一性就体现在真实世界的时空结构是统一的，牛顿力学和电磁理论尽管描述的现象不同，但基本的概念如时空，应该是一样的。

爱因斯坦深刻地意识到伽利略变换实际上是牛顿时空观的体现，而这种默许的时空观只是一种纯粹的

假设，如果和客观观察不相符，如果此假设下不能得到逻辑上简洁的理论体系，则必须大胆放弃这个假设。如果承认“真空光速独立于参考系”这一实验事实为基本原理，就必须放弃牛顿时空观，而建立起一种新的时空观（相对论时空观）。在这一时空观下，由相对性原理即可导出洛伦兹变换。

重新审视时空的特性，也许是爱因斯坦对物理学最大的贡献。爱因斯坦之前，时空仿佛只是物理事件发生的容器，人们根本没有意识到，时空本身有如此复杂的特性。特别是到广义相对论，时空、物质、运动这三者之间的复杂微妙关系得到了更深刻的体现。

这个如此简洁的假设，解决了很多疑难。同时产生一些副产品，比如质量能量关系，导致人类进入核能时代，这又是一个出于对纯理论的求真探索最终造福人类的经典例子。

这里对狭义相对论做些评论。这是个已然上升到最高层次的东西了，达到了原理性的高度，有最广泛的适用性，是管定律的定律。其实在狭义相对性原理之前，伽利略相对性原理也是属于这个层次的，是时间和空间割裂的相对性原理，爱因斯坦则统一了时空的概念，发现其中的内在联系。一句话解释狭义相对论，就是，时、空间隔皆是相对的，但时空间隔绝对。时

空统一，为闵可夫斯基空间。凡不满足狭义相对性原理的物理规律必须重新改造。但这里狭义相对论并没有直接产生任何物理规律，它只改造了很多物理规律，比如牛顿动力学。而电磁理论天然满足，不需要改造，只是狭义相对论出现后使得表述更加简洁，对称性更加深刻。

## 狭义相对论遗留问题

在狭义相对论成功的背后，仍然有几个遗留下的原则性问题没有解决。第一个是惯性系所引起的困难。抛弃了绝对时空后，惯性系成了无法定义的概念。我们可以说惯性系是惯性定律在其中成立的参考系。惯性定律的实质是一个不受外力的物体保持静止或匀速直线运动的状态。然而“不受外力”是什么意思？只能说，不受外力是指一个物体能在惯性系中静止或匀速直线运动。这样，惯性系的定义就陷入了逻辑循环。第二个是万有引力引起的困难。万有引力定律与绝对时空紧密相连，必须修正，但将其修改为洛伦兹变换下形势不变的任何企图都失败了，万有引力无法纳入狭义相对论的框架。第三就是，惯性质量和引力质量等同的经验事实，能否有深层次的诠释。第四就是，

非惯性系的问题，爱因斯坦不满足相对性原理只局限于惯性系。最后，一个纯粹哲学的思辨，时空可以制约物质运动，却不被物质所影响，哲学上不能接受，爱因斯坦相信时空和物质的作用必须是交互的双向的，时空也成了动态的，这个是一大飞跃。

## 十年磨一剑：引力的第四重境界广义相对论

十年磨一剑，爱因斯坦完成广义相对论，就这样一揽子全部干净漂亮地解决了上面所有问题，这个我认为这是迄今人类最美好的物理理论。

这里简单叙述一下广义相对论的主要思想，狭义相对论对牛顿力学进行了改造，而电磁理论天然满足，但牛顿引力理论却不能很好地融入狭义相对论的框架。许多这种尝试都失败了，爱因斯坦没有选择这种修补性的风格，而是独辟蹊径开始思考引力现象的本质，引力有一个最独特的性质就是，引力场中各个物体的加速度同这些物体的性质无关，爱因斯坦曾如是说：“我为它的存在感到极为惊奇，并且猜想其中必有一把可以更深入地了解惯性和引力的钥匙。”，这个就是他自认为一生最愉快的思考：

“关于在伯尔尼的那些愉快的年代里的科学生涯，

在这里我只谈一件事，它显示出我这一生中最富有成果的思想。狭义相对论问世已有好几年。相对性原理是不是只局限于惯性系（即彼此相对作匀速运动的坐标系）呢？形式的直觉回答说：“大概不！”然而，直到那时为止的全部力学的基础——惯性原理——看来却不允许把相对性原理作任何推广。如果一个人实际上处于一个（相对于惯性系）加速运动的坐标系中，那末一个“孤立”质点的运动相对于这个人就不是沿着直线而匀速的。从窒息人的思维习惯中解放出来的人立即会问：这种行为能不能给我提供一个办法去分辨一个惯性系和一个非惯性系呢，他一定（至少是在直线等加速运动的情况下）会断定说：事情并非如此。因为人们也可以把相对于一个这样加速运动的坐标系的那种物体的力学行为解释为引力场作用的结果；这件事之所以可能，是由于这样的经验事实：在引力场中，各个物体的加速度同这些物体的性质无关，总都是相同的。这种知识（等效原理）不仅有可能使得自然规律对于一个普遍的变换群，正如对于洛伦兹变换群那样，必须是不变的（相对性原理的推广），而且也有可能使得这种推广导致一个深入的引力理论。”

就这样，爱因斯坦在逻辑上，完美整合了牛顿力学（狭义相对论改造后的）和牛顿万有引力这两块。如

果没有引力现象，时空平直，则相对性原理只局限于惯性系，狭义相对论成立。在把相对性原理推广到非惯性系的时候，自然地把所谓的“引力”效应包容进来了，所谓引力并不是一种真实的力，而是相对性原理推广到非惯性系的时候，也即时空并不平直的时候的一种自然的效应。这种把引力和非惯性运动的等同，自然解释了引力质量和惯性质量的等同。

爱因斯坦进一步假定，在引力场中自由下落的参考系等价于狭义相对论中的惯性系，不仅是力学实验不能区分引力场中自由下落的参考系和惯性系，而且任何物理实验都不能区分。这就扩展了弱等效原理，称为爱因斯坦等效原理 EEP，可以叙述成：在 4 维时空中的任何一点都存在一个在引力场中自由下落的局部惯性系，在其中狭义相对论的物理定律全成立。

## 一生最幸福的思考：引力几何化

这里梳理一下，如何把引力几何化的思路。首先根据狭义相对论的效应，动钟变慢动尺变短，那么加速运动就会导致时空弯曲，比如爱因斯坦转盘；而根据等效原理，加速运动即非惯性运动又和引力等效，那么引力就可以归结为时空弯曲。但还有一个问题，引



力源的问题，不能通过相对性原理给出，还需要另外引入假设。在牛顿引力中，引力源是物质的质量；而在狭义相对论中质量的概念被包含在更具有一般性的能量-动量张量中，这个张量包含了对系统的能量和动量的密度。那么预期在广义相对论中，应该建立能量-动量张量与时空几何的联系，这个关系最后由爱因斯坦场方程给出。

但爱因斯坦相信这个方程只是个权宜之计，肯定不是最终的形式，因为描述时空弯曲的一端是美的，纯几何的，像大理石雕成的；而描述引力源的另一端，物质的那一端，仍然是丑的，像木头做的，是杂乱牵强的。爱因斯坦自己很清楚这个问题，“左边之所以写成这样的形式，是要使它的散度在绝对微分学意义下恒等于零。右边是对一切在场论意义上看来其含意还成问题的东西所作的一种形式上的总括。当然，我一刻也没有怀疑过，这种表述方式仅仅是一种权宜之计，以便给予广义相对性原理以一个初步的自圆其说的表示。因为它本质上不过是一种引力场理论，这种引力场是有点人为地从还不知道其结构的总场中分离出来的。”当然，仅作为引力理论来说，广义相对论也远远比牛顿万有引力理论优越。

这不仅仅体现在广义相对论在几个实验的预言上

比牛顿万有引力准确，比如水星进动等。而且更体现在，广义相对论是更深刻的时空观变革，还能描述引力红移、引力的时空效应如引力时间膨胀等等。这些现象从牛顿理论那里是没法想象的。而且在广义相对论中，除引力外不受力的自由粒子在弯曲时空中做自由的测地线惯性运动。

爱因斯坦的梦想是，最终完全用大理石来构筑理论，也即完全的几何化，得到一个统一的场的方程，这个是广义相对性原理思想的真正贯彻。这是一个宏大唯美的梦想。关于这个问题，或许叫物质的几何化，由于量子力学的介入，现在已经越来越复杂了。

相对性原理本来是管物理规律的规律，本来不直接规定物理规律内容，但由于引力现象的特殊性，使得引力效应完全可以由广义相对性原理来解释，这是一个惊喜，难怪爱因斯坦称其为一生最愉快的思考。

顺便提一下，物质可以导致时空的弯曲，观察者的加速运动导致时空的弯曲是否同等真实，这个问题还有争议。引用 Synge 书中的一段话：“我从未懂过这一原理 EEP...它意味着引力场的效应与一个观者的加速度的效应不可分辨吗？如果是这样，那是错的。在爱因斯坦理论中，要么存在一个引力场，要么不存在，取决于黎曼张量是否为零，这是一个绝对的性质，与

任何观者的世界线都毫无关系。时空要么平直，要么弯曲，在本书的若干地方我都不得不煞费苦心的把由时空曲率导致的真实引力效应与那些由观者世界线弯曲导致的效应区分开来。等效原理在广义相对论的诞生过程中确实起到过接生婆的作用.....我建议我们以适当的荣誉埋葬掉这位接生婆而正视绝对时空这一事实。”我感觉，这个问题的根源还是引力源的含糊不清，显示了物质-时空-运动三者之间的深刻关系还有待深入探索。

关于等效原理，再谈一点很有趣的事情。所谓的强等效原理 (SEP)，即在 EEP 的基础上考虑体系的自引力。即是说 EEP 与 WEP 只考虑体系受到的外引力场而没有考虑体系的自引力，而 SEP 同时考虑体系的自引力与外场。三个层次的等效原理，从实验检验的角度看，只有 WEP 是最可靠的。有趣的是，一门引力理论如果是合格的引力理论，那么它必须满足之前说到的等效原理的三个层次，否则就不是一门好的引力理论。目前为止，能够满足 WEP 和 EEP 的引力理论，除了相对论以外还有几种，然而同时满足 WEP、EEP 和 SEP 的引力理论，暂时还是只有 Einstein 的广义相对论。其实，不需要从实验检验的角度，仅从美学的角度，我丝毫不曾怀疑目前的广义相对论对引力

做出了最深刻的把握。所以更重要的不是建立别的引力理论，特别是出于对某些特定天文观测的解释而去尝试构造新的牵强的引力理论，或是所谓尝试量子化引力，重要的是去解决广义相对论内部的逻辑困难，真正贯彻广义相对性原理，这样做是最可靠的，而且会带来比我们想象的还多的收获，历史上这种经验我已经提到多次。

## 统一之梦

爱因斯坦从完全不同于牛顿的基础假设，另起炉灶建立起广义相对论，将牛顿力学和牛顿万有引力理论融入新理论框架之中。在当时看来，所剩下的，就是电磁理论了。很自然地，爱因斯坦想如果他能继续将广义相对论拓广以包容电磁理论，那将得到一个统一的场论，为物理学奠定一个统一的基础。在他完成广义相对论后直到去世的四十余年，他一直在为这一梦想不懈地奋斗着。但这一问题的难度超过了当时的数学工具的许可，而且当时的实验观察积累的也不够，如弱相互作用和强相互作用都没有被发现。但我相信，更大的障碍来源于数学工具的不足，而实验观察积累确实可以帮助构造理论，但更加决定性的是数学工具

的强大。这是广义相对论的创建过程中得到的经验，因为很多强引力场效应人类是无法观察得到的，理论更多的是来源于原理及其数学表达。

## 外尔的统一：实则虚之，虚则实之

我觉得量子力学发展过程中，有一点触及原理性层次的东西，就是局域规范场理论。引力的特殊性，使得引力最先被几何化了。那么电磁怎么办？爱因斯坦和很多科学家都做过尝试。外尔最先想到一个所谓规范变换的概念来几何化电磁场。

Weyl 的工作是很伟大的，他最初的目标是实现爱因斯坦的梦想，统一电磁场和广义相对论，两个是当时唯一知道的相互作用。

他的思路是，推广广义相对论的黎曼时空，找到新的几何内容，来容纳下电磁力。这个思路不像爱因斯坦得到广义相对论那样，爱因斯坦是根据物理事实中洞察出来的等效原理，可以把引力的效应完全几何化，这个尝试是先有物理原因，再来寻找合适的数学表述的。weyl 本质上是源于数学的美感，这当然是一种冒险，但也是一种很勇敢的尝试。他不满意黎曼几何，广义相对论和黎曼几何认为矢量沿着测地线平移时，

方向会发生偏转(如果时空弯曲),但其长度是保持不变的,这意味着,不同时空点的观察者不能直接比较各自的向量,需要引入联络,然后比较,然后才可以求导,这是黎曼几何中的协变导数。weyl认为,长度也可以不保持一样嘛,没必要每个时空点都共用一套“规范”来度量长度,这是规范场这个规范最初的意思。所以weyl的几何是黎曼几何的一个推广,是他认为的真正的无穷小几何,就是什么东西都只能谈一个点的,或一个点附近无穷小的,不同时空点直接的矢量,长度和方向都不能直接比较。

这个数学上是很自然的,而且很神奇的是,这个几何要求,除了一个度规场以为,还要有个矢量场,这个矢量场在度规的尺度变换下相应地会变换,而这种变换正是电磁场的规范变换,电磁场就很自然地跟这个矢量场相匹配了。

这一切是如此的美妙,可想而知weyl搞出这个东西是多么高兴,他马上寄给了爱因斯坦。爱因斯坦也盛赞这个是最一流的idea,但他犀利地洞察出一些问题,比如更加weyl的理论,当有电磁场时,长度变成了路径依赖的,也就是依赖其位置和历史,这个似乎和原子有稳定的谱不符合 经过反复的辩论 这个weyl的统一理论 最终还是被物理界所放弃。

这是一个伟大的尝试，尽管并没有马上成功，但 no good things ever die 这个美妙的 idea 以另一种更加婉转的方式重生

尽管 weyl 坚持他的几何比黎曼几何的优越性，但他还是认真对待物理中的真实，并从中吸取营养。第一次重生来源于量子力学，当时的另一块关于物质的理论，量子力学里当时有个很诡异的东西就是复数的波函数，用这个来描述物质，但可观察的东西又只是波函数的平方得到的概率，也就是这种描述有一点冗余，冗余即对称性，但这个已经不是外部时空的对称性，而是某种内部空间的对称性，这个对称性不是尺度变换，而是相位变换。

正是这个由尺度到相位的转变，由实数到虚数的转变，让规范理论获得了新生，之前的时空变成了内部空间，之前的长度变成了波函数，之前的有电磁相互作用时长度是路径依赖的，变成了有电磁作用时波函数的相位变成路径依赖的，而后者恰恰是真实的！这就是神奇的 BA 实验！

一切虚的非物理的东西变成了真实的物理的，而这一切却是由于实数的尺度时空变换，变成了虚数的抽象的相位变换！这是实则虚之，虚则实之！

后来，Yang-Mills 又将这个思想发扬光大，推广到

非阿贝尔群，再经过对称破缺等等思想，发展为最后的粒子物理标准模型。

但故事不应该到这里，weyl 最初的梦想，不应该忘记，毕竟，引力还高傲地在一边，拒绝挽和到这些乱七八糟的的粒子物理世界。

## 电磁理论的第四重境界：局域规范原理

局域规范原理其实核心的思想还是借助于广义相对论。在量子力学里所谓波函数并非直接的可观察量，而是波函数的平方对应着概率。那么波函数作一个幅角变换并不影响任何物理实在。这就是用波函数表达实在时的一种冗余，这种冗余可以看做是一种对称性。这种对称性可以是全局的，但广义相对论启示，相互作用应该是局域的，那么对波函数的变换不应该是全局的。规范场论要求拉格朗日量必须也有局部对称性——应该可以在时空的特定区域施行这些对称变换而不影响到另外一个区域。这是一种更强的对称性，在要求物质场能在时空的每一点都独立地做变换而保持不变，此变换构成  $U(1)$  群，就必须相应地引入一个矢量场满足一些相应的变换来抵消。这个正是电磁场。这是一件非常令人震惊的事情，明明电磁相互作用是



一个很物理的实在，却可以似乎通过一个所谓的“定域规范不变性”来无端地数学地来引入。这正是所谓原理层次理论的力量，物理实在不过是一些基本原理的体现。

尽管这个所谓局域规范原理并不像广义相对性原理那么清晰，而且光这个原理本身还不够充分地得到符合物理实际的观察，比如需要另行引入所谓 Higgs 机制来给波色子质量等等。经过一系列牵强但似乎有效的改造后，规范场成功地成为量子电动力学、弱相互作用和强相互作用提供了一个统一的数学形式化架构——标准模型。这套理论精确地表述了自然界的三种基本力的实验预测，它是一个规范群为  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$  的规范场论。但标准模型还有很多严重的问题，而且显然理论是不够简洁不够美的。

相互作用都可以通过定域规范不变而引入吗？引力也是一种规范场理论吗？这种电磁场的“几何化”正是爱因斯坦晚年一种梦寐以求的几何理论吗？

我的观点，和正统的路数不一样，都认为引力是一种规范理论，我倒感觉是反过来，认为规范场的意义本质是一种相对性原理的推广，唯有如此规范场的物理本质才算明晰了。毕竟，广义相对论的几何意义是明确的。

## 量子之谜

从实用主义的角度，量子理论是非常成功的。量子力学主要适用物质的微观结构及其相互作用。除通过广义相对论描写的引力外，至今所有其它物理基本相互作用均可以在量子场论的框架内描写。

但这个理论至今仍是个谜，没人知道怎么搞成这个样子。爱因斯坦晚年还说过，“我用比相对论还多的脑力在量子论上……整整 50 年有意识的思考还没有使我更接近‘光量子是什么’这个问题的答案”。不光是爱因斯坦对量子力学的现状不满意，包括很多对基本问题有所坚持的量子力学的主要发展者也不满意现在的量子力学。路径积分量子化提出者费曼同样也困惑不已，甚至断言“没有人理解量子理论”。

我想爱因斯坦对量子力学的主要不满主要是：物理规律本质的随机性、不确定原理和测量对实在的破坏。他不认为量子力学提供了一个通往深刻理论的基础。这个理论陆陆续续发展了近百年，到今天已经变成一个庞大、牵强、矛盾但实用的怪物。然而找不到一个清晰的原理性的基础。

## 黑暗物理学的光明未来

过去数百年是一幅壮丽的英雄史，风起云涌，各路英雄好汉各显神通，为物理学的大厦添砖加瓦。时至今日，大厦仿佛已然建成。但这些大厦的建筑者们比谁都清楚，这巍巍高楼，根基却有大大的问题。

如果说爱因斯坦当年的物理学还只是有两朵小乌云，那么当今物理学实在是，黑云压城（宇宙学暗物质暗能量问题），大厦将倾（粒子标准模型的问题）

我相信沉闷只是暂时的，沉寂之后，物理学将会迎来下一个更加庞大的英雄时代！

# 千与千寻统一理论

## 真与美

前面我多次提到理论的美，但物理理论毕竟是关于客观实在的“真”的研究。关于真与美的关系，引述爱因斯坦的一段话，“经过引力问题，我转变为一个信仰唯理论的人，也就是说，成为一个到数学的简单性中去寻求真理的唯一可靠源泉的人。逻辑简单的东西，当然不一定就是物理上真实的东西。但是，物理上真实的东西一定是逻辑上简单的东西，也就是说，它在基础上有统一性。”

## 美的境界

这里多次提到物理学美的概念，我要区分一下这种科学的美和其他艺术的美。不同类型的人类认知，具有不同的普适性。相比与艺术，科学有更深远的普适性。一种地方的民间艺术，可能只能流行于某一地区，这种地方艺术可能是基于地方性很强的东西来表达的，这些限制了外地人的欣赏，比如基于方言的一些笑话。

接受范围更广阔一点的是语言艺术，如诗词艺术，它可以突破地域和时间的限制，我们可以欣赏几千年前的诗作。诗词在使用同一种语言的人民中间都会被接受和欣赏。然而这种艺术很难在不同的语言之间传播，比如“雄关漫道真如铁而今迈步从头越”这句诗词的直接内容固然可以翻译出去，但遣词炼句，推敲意境这些却很难翻译。甚至可以说真正的这种诗词艺术的精髓，就是在翻译中流失的那些东西。

诗词的这种局限性源自它太依赖于语言本身，诗词不仅仅依赖于语言用来表达事物的基本功能，还依赖于语言本身的副产品：韵律和修辞等。正是后者，我们通常称之为文学，愈加限制了诗词艺术被普遍欣赏的能力。

如果突破文学的限制，文字产品在不同语言间将可以更被普遍接受。哲理性的名言警句，如论语，虽然文字也有文学性，但由于其所描述的道理更加具有普适性而不受其文学的限制，可以为不同语言的人类所共同接受和理解。

即便如此，这些哲理的东西还是基于文字。然而人类有一些共通的东西是可以突破语言的，比如说音乐／舞蹈／绘画等等，而其中算音乐的普遍程度最高。音乐是深入人类心灵的，而人类语言虽不同，心灵上却

有相通之处。音乐和语言在人类进化史中到底哪一个先出现，这是一个有意思的问题。总之，音乐和语言都是人类共通的东西。语言旨在描述外在事物和外在的沟通交流，音乐旨在描述内心感受和心灵的沟通。不同国家的音乐虽然也有些形式的差异但这种差异小于不同文字之间的差异，不懂异域语言，却不妨碍我们欣赏音乐。至于音乐是否有更进一步的适应性，这是很有趣的问题，一些报道音乐对动植物有一些微妙的作用，这种作用是仅仅物理的，还是有更深刻的作用，还有待研究。

艺术是基于美的追求，而我们所谓的美是脱离不了人类这个感受主体的。善和美，都是离不开人这个主体的。问题是，真是否也是如此？这个问题在大多的理论物理学家中并看似不存在争议，而实际却有很大分歧，而且是很本质的分歧。在我看来科学要认知的对象，是客观的自然宇宙。真正的科学所要认知的对象，并不是基于人类的，而是超越人类的，是实实在在的客观的自然宇宙，是唯一的存在，故而科学适用的范围是最为广阔的，科学的美是最普适的大美。

## 统一：物理学进步的方向

这里说一下物理学的进步。一个新的理论较之旧理论有进步，按照重要性排序，体现在以下几个方面。

第一，更大范围的统一。物理学的一个永恒的方向就是，用统一的原理解释越来越多看似非常不同的现象，物理学最终的梦想是找到一个第一性的原理，原则上所有的物理现象都可以从这个第一性的原理中导出，这个就是爱因斯坦所说的。前面所讲的理论的层次性，那么高层次理论的优越性很大程度上就体现在适用范围更加广泛。比如开普勒定律只能适用于天上的运动，而且是很特殊的一类天体运动。牛顿引力理论，则适用于天上地下的一切引力现象，统一了天上的运动和地上的运动。而广义相对论则不仅引力现象都能描述，而且还能描述引力红移、引力的时空效应如引力时间膨胀等等。这些现象从牛顿理论那里是没法想象的，因为牛顿理论里引力和时空还是孤立的，而爱因斯坦则统一了两者。远离大型天体（就是有更高势能）的钟表会走得更快，而接近大型天体的（有较低势能）的便会走得更慢。这种效应是如此的神奇，简直就是如古代的神话传说一般，“洞中方一日世上已千年”，但这是已被精确实验所确认的事实，可以说，

近代物理不是神话，胜似神话。这些都是站到更高的理论层次才能看到的更深广的统一全景。

第二种进步方式，更简洁深刻的数学表述。这种进步往往不被物理学家所称道，但我认为这也是一种重要的跟第一种性质很不同的进步。最典型的例子，就是经典物理的诸多不同表述。经典力学除了最初的牛顿表述，还有好几套等价的表述。这些表述在物理内容上是等价的，但数学形式上却各有不同。这也是一种进步，因为有些数学形式离更高级的理论更近一些。比如哈密尔顿表述对应着量子力学正则表述，哈密尔顿-雅克比表述对应着薛定谔的波动表述，拉格朗日表述则对应着量子力学的路径积分表述，而路径积分方法为场的量子化提供了很好的工具。

## 万物之源宇宙之基

再说一下粒子的标准模型，这个是研究构成我们宇宙万物的基石的模型。我想对比一下历史上的地心说或日心说的一些宇宙模型。有人马上会说，这两个相差也太远了，历史上的地心说日心说模型看起来太粗糙了，而今天的粒子物理标准模型则深刻得多。我要说的是这种差别不是本质的，而本质上这两个模型都



有很多相似之处，而且感觉他们的历史命运也将类似。首先，两者都是在极其有限的观察经验和理论支撑的情况下，尝试对自然作全面归纳性的总结，注意是形而下的总结。不要看它粗糙简单，托勒密模型却几乎概况了当时人类所认识的全部宇宙。当然，今天我们知道太阳系不过是宇宙中的尘埃，整个宇宙的极大丰富远远超过人类的想象，那么构造某种天体宇宙模型似乎显得没有意义了，全宇宙有无穷无尽的天体。反思粒子物理标准模型，也是几乎概况了我们现在认知的粒子世界。当然和天体相比，这里有一个很大的差别，所有粒子物理学家都相信，粒子和天体是有差别的，全宇宙可以有无穷无尽的天体，但粒子应该只有有限的少数几种，这几种构成了所有物质的基石。但是如果粒子是否无穷无尽呢？或者粒子内部的结构是无穷无尽的呢？这个以我们如此有限的实验观察，实在是无法给出确切的回答。倘若真如此，那么今天粒子物理标准模型的历史命运就和地心说或日心说宇宙模型完全一样了。因为也许自然在极大尺度上和极小尺度上都一样具有无穷无尽的丰富性，那样的话粒子物理学家就悲剧了，因为那样为什么有这个粒子为什么这个粒子有这些性质就完全没有意义去研究了，就像为什么水星离太阳那么远半径那么大一样，只有观

察记录的意义却没有深入提炼成理论的意义了。

我对粒子标准模型的最理想的预期是，如果能找到一种理论上很有说服力的预言，能够一下子完全给出逻辑上可能的一切粒子，而不是不断通过实验发现来修补模型。这种预言要基于粒子深刻的物理本质，比如对称性等，然后还要有足够丰富的数学结构来包容现有的一切已知的粒子，然后还得给未知粒子空间。唯有达到了如此苛刻的要求，我们才敢相信，粒子世界本质上是简洁的。这个要求是很难完美达到的，单单数学的丰富性就很难。因为如果用连续的数学体系，一个东西要么不存在，要么唯一，要么无穷，不太可能是有限个存在。那么必须要某种“离散”的数学体系，这里不是指离散数学，而是某种可以给出离散个存在的体系，比如正多面体就是有限个的存在。事实上，已经有很多这种尝试，一个看来很有趣的尝试是用扭结来描述粒子。扭结理论是漂亮又足够丰富的一个数学理论，但这种数学上的存在和粒子的真实存在之间的对应还远远不够完美。即便是完美对应上了，还有更难的问题，就是物理本质的问题，这种对应的物理意义在哪。回到历史的例子，柏拉图还设计一个正多面体的宇宙结构模型。开普勒也曾企图以五个正多面体把太阳系的五个行星轨道联系起来。这种看似

是很美的，因为当时人类对全宇宙的认知就是只有五个行星，而数学上正多面体恰只有五个，这个是对称性严格规定的，数学上是可以严格证明的，将五个正多面体对应五个行星，恰好不过，数学上很唯美。但可惜，这种对应显然是牵强的。

现在的一些理论如  $SU(5)$ ,  $SU(10)$ ,  $E_8$  和超对称理论等等，这种尝试固然是很好的，但我很怀疑这些理论的命运和柏拉图正多面体体系类似。理论上，和引力不兼容；实验观测上，暗物质无法由标准模型解释。这些都是强烈的信号，这个模型还远远不能回答我们的问题，万物的本源统一于什么？构成宇宙的基石是什么？

## 统一：形而上还是形而下？

关于这个最终的第一性的原理，我要表达一下我和当今主流物理学的对这个问题理解的不同。当今的粒子物理发展得相当成熟，形成了所谓的粒子物理标准模型。这个理论的目标是“找到构成我们世界最根本的单元”。

我强调的是，这个目标和我上面说的第一性原理是有区别的。简单的说，我说的是形而上的东西，是原

理性的基本；而粒子物理是要找到形而下的基本单元。

这是两种很不同的哲学，而我更相信逻辑上原理上的简洁性统一性，却不相信我们能把物质分而再分就能找到某个最小的尺度上找到个不再可分的基石。现在超弦理论则是更深一部放弃粒子模型而采用弦甚至膜，也是这种哲学的延续。

我相信世界将统一于越来越简洁一致深刻的原理，却不相信世界能细分为越来越小的组成。

这两种哲学的分歧在对引力的理解上就能体现。广义相对论已经将引力这个概念消除了，引力已经不被认为是一种相互作用，而是时空的几何效应。可以这么说，引力的概念是暂时的，是人类认知过程中的一个过渡概念。当人们认识到广义相对性原理时，就根本不需要引力这个概念了。但在量子场论中，仍然把引力尽可能看作和其他几个相互作用一样，构造了一个传递引力的假想粒子叫引力子，是一个自旋为 2、质量为零、不带电荷的玻色子。注意这里量子场论归根结底还是属于狭义相对论的框架，我实在不明白这种在狭义相对论框架里去解释引力的尝试的必要性。

## 从经验世界到理念世界

为了详细解释，世界何以可以统一于理念的原理，我再深入分析前面理论的层层深入的四个层次的划分。

这个层层深入，其实就是物理理论从何而来，到哪里去的问题。答案是从经验世界中来，到理念世界中去，始终不变，中间各千。

一个理论，比如引力理论，必须首先从经验观察中来，这种观察现象是无穷无尽的，而且是琐碎的，离散的，分裂的，肤浅的，可谓是大千世界。随着人们认知的深入和深刻，从现象中提炼出范式，各种范式中找到模型，各种模型中找到动力学机制，在机制背后蕴藏着原理。理论最终将通向理念世界，而这种原理将是精炼的，整合的，统一的，深刻的，高屋建瓴的。

## 为学日益,为道日损

《老子》第四十八章：“为学日益,为道日损。损之又损,以至於无为,无为而无不为”。这句话，前半句一直有些被误读。

这两句话很好地说明了，我们得到底层的知识和高

我的统一之路王雄 2012Email:[wangxiong8686@gmail.com](mailto:wangxiong8686@gmail.com)77/113

层的原理要采用完全不同的方法。

学的是那些纷繁各异的物理规律，当然这个学就是探索，向大自然学习。这个过程，大千世界，气象万千，是没有止境的，每天都可以学到新的知识。比如我们现在物理学弄懂了一些最简单的如机械运动，电磁运动等，而化学、生物、社会、思维等等复杂的运动还处于很无知的阶段，还需要积累很多很多的经验知识。这个层次的知识是越多越好，永远有新的现象被发现，这个是为学日益。

但道的领悟，却是一个不断剔除，不断抽象，不断升华，不断提炼的过程。从纷繁复杂的物理规律中，提取精华。这个层次的道，上帝创造世界的核心理念不会太多太杂，这种最普适的思想越精炼越好，越少越好，这个是为道日损。

## 始终如一，中间各千

经验世界和理念世界是具有客观真实性的，但一个理论具体怎么从经验世界通往理念世界，这个理论发展的过程则是带有主观色彩的。就是从经验世界到理念世界，起点和终点都是固定的同一的，但路怎么走

却有任意性，可谓始终如一，中间各千。

不同的智慧生命将有不同的探索过程，即便是人类，探索过程中，也经常有殊途同归的可能。比如，如果没有爱因斯坦，也许引力理论将以一种更加曲折和牵强的方法发展着，比如各种缝缝补补地方法来修补理论。

可以假想，有一个更智慧的外星生命，也许他们就是生活在远离星球的外太空失重环境中，他们没有砸向牛顿的苹果，没有经历牛顿时代，而是直接智慧地进入爱因斯坦时代参悟出了广义相对论这种理论，甚至后爱因斯坦时代，参悟出了更高层的理论。你跟他们说，你们知道万有引力吗？他们会说不懂，然后你解释就是物体之间相互吸引，他们就乐了，那不是时空的几何效应吗，你们管那个叫引力？你要跟他们讲开普勒三定律，那他们更没听说过了，比如他们根本就是生活在一个双星系统里，你跟他们讲开普勒三定律，他们又要笑了。

但由于我们是同一个宇宙，各种观察经验都将是一样的，顶多差别在于我们更多观察了跟我们直接生存环境中的现象。最终的理念世界也将是一样的，因为这源自上帝创造宇宙的统一理念。

所以，今天的量子力学固然对各种现象的解释力很

强，但我丝毫不怀疑，可以完全从不同的基础上重建这一切。因为量子力学还没到原理性的阶段，歪歪斜斜一路发展过来到达今天的地步，完全有可能从别的路数一步到位跨越过去，好像广义相对论一样。

唯有理论上升到了原理的层次，变成了简洁深刻的原理，我对这样的理论才有真正的信仰，因为属于理念世界的存在，同物质世界一样是真实的。

这就是爱因斯坦所谓的"toobeautifultobewrong".

## 上帝不会掷骰子

我对量子力学的感觉，和爱因斯坦一样，“量子力学的确让人印象深刻。但是我的内心却有一个声音告诉我，它还不是正确的理论。这个理论是说了很多，但它并没有引领我们更接近上帝的秘密。我无论如何，深信上帝不掷骰子。”这里我想就最后一句话表达一下自己的看法。这是爱因斯坦很有名的一句话，表达了他对决定论的坚持。

自然规律的本质是否确定？爱因斯坦信奉确定性的宇宙，坚信上帝不会玩筛子。我也是这个观点，如果规律本身是随机的，那我觉得是规律的一种无能，



就是说一切初始条件全部一样的情况下，物理规律还不能完全确定地描述物质的运动，也就是说有规律之外的不可知的力量在左右着物质实在，其实就相当于没有规律，我不相信这样的上帝。所以我相信，自然运作的规律本身应该是完全确定性的，尽管可能会产生表象上的随机。比如仍筛子，其实支配筛子的规律是完全确定的：引力/碰撞的弹力/摩擦等等。但筛子的结果高度依赖于初始值。可以考察初始值空间，将不同结果着色，将发现六种结果是几乎均匀分布的。曾经有一篇 IJBC 讨论过这个问题，六个吸引盆交互纠缠在一起，以至于任意小的初值空间都有分形版的无穷细节。所以，这第一个问题的结论是，支配自然的规律应该是完全确定性的，但有可能表象出随机。我认为这是混沌哲学的精髓。基于此，我们期待一个确定性的量子力学。

电脑能产生真的随机吗？什么事真的随机？所谓电脑上一切的随机模拟，其实都是伪随机。其实理论上所有的系统都是确定的，随机只是表象，是一种权宜的处理问题的方法。比如掷筛子，如果精确地知道一切初值条件，那么筛子的一切运动细节都可以精确地确定下来。但由于这种信息的实际不可获取，而我們也不关心全部的运动细节，只关心最终的落地稳定

后的朝向。那么完全可以用更简单的方法来对待，即朝向是随机的，各  $1/6$  可能，所以我们可以用随机的模型来表观地描述这种随机的现象，但深层次的物理规律是完全确定的。要产生“真正”的随机，就要创造这种高度复杂的物理系统。比如六合彩的摇奖机器。我们相信这个系统产生的序列是真的随机，是基于我们完全确定地知道这个物理装置，知道一切演化规律。相反，如果我们不了解演化规律，比如一个黑箱，比如股票市场，我们观察这种黑箱或者灰箱，得到的序列，反而不能认为是随机的，因为他有可能只是 Lorenz 系统的  $x$  值，看似随机却完全确定。

所以，结论是，非常辩证的：真正的随机来源于完全的确定性系统。若不相信物理规律本质的完全确定性，我们也不能相信我们使用的随机方法来表观地描述随机现象。

我希望，现在的量子力学是一个本质确定性的理论的近似。这一点上我和爱因斯坦都坚信物理规律的完备性，即理论上不应该有物理规律管不到的地方，不应该有地盘让给随机性。

## 当我们都不看月亮的时候，它还在那里吗

而量子力学更诡异的地方，也是爱因斯坦所不可接受的，观测可以改变客观状态。爱因斯坦说，“相信有一个离开知觉主体而独立的外在世界，是一切自然科学的基础。”相对论最本质的东西是什么？就是物理规律的绝对性，就是物理规律的客观性，物理规律不依赖于观察者。具体的说，爱因斯坦考虑的是物理规律不依赖观察者的运动状态，不依赖观察者的参考系。不同观察者尽管表观上观察到不同的测量结果，但各种结果本质上对应着某个相同的深层次的不变量。

而量子力学的一个基本原理就是，观察过程改变客观状态，测量会导致波函数塌缩。这是一个非常诡异和不能让人接受的假设，却作为量子力学的基本原理。

这些量子力学的基础问题都是很深刻的哲学问题，除此之外量子力学还有很多其他的问题，有的逐步在解决，有的还很麻烦。起初的量子力学连狭义相对论都不满足。到后来的量子场论才满足了狭义相对论。而量子场论的很多新发现，更多的是来源于对狭义相对论对称性的研究，很有意思的是庞加莱群的不同表

示，恰恰对应着各种不同的粒子，所以给我的感觉是量子场论更多的东西是来源于相对论，而非量子力学。但在量子场论粒子物理中的各种对称性还是停留在狭义相对论的框架，而广义相对论则已然超出了狭义相对论的框架。这注定了两者不兼容。

## 何为量子化

且暂时不考虑量子力学深层次的哲学基础，单看所谓的量子化，什么才是量子化的本质呢？量子力学和经典力学的界限究竟是什么？

物理学家创造了几套将经典理论改造成量子理论的方法，如正则量子化、外尔量子化、几何量子化、路径积分量子化和 Schwinger 作用量变分法等等。有这么多套方法的存在，就可以看出这个问题的复杂，这些方法更多的是一种技巧而非一种哲学，很少能简洁地给出量子化的本质。而且这套技巧会牵涉到某些微妙的问题，称为重整化。如果忽略了重整化，会引导出不正确的结果，像无穷大数值的出现于量子幅的计算结果。一个量子化程序的完整设定必须给出一套重整化的方法，这种牵强而以实效为目的的操作，更像是工程，而非科学。

相比而言，狭义相对论和经典力学的差距就是时空变成闵可夫斯基时空，当运动速度远小于光速时退化成经典力学，这是很清晰简洁的。

在诸多量子化方法中，我觉得最美的是路径积分方法，也许也是最本质的，某种程度抓到了量子化的本质。这一方法来源于经典力学的拉格朗日表达。经典的最小作用量原理说明在一切可能路径中真实路径总是使得作用量取极值，而路径积分需要把所有可能路径的贡献全部考虑进去。每个路径对概率幅的贡献，模是一样的，只是相差相位，而相位则与路径的经典作用量相联系。这里概率幅是某种复数，意味着这种概率幅的叠加可以是增强也可以是相消，是概率幅相叠加而不是概率相加，这是量子力学里很费解的一件事情。路径积分给出量子力学与经典力学的联系，当作用量较大时，远离经典路径的路径对应的概率幅会相互抵消，而经典路径恰恰是作用量取极值的路径所以相互增强得以保留。但当作用量较小时，量子效应显现，除了经典路径之外的路径也显得重要。但各种路径中，又到底那一类路径是对路径积分贡献最大的路径呢？

数学上，这里还有一个很严重的问题，能算经典作用量的路径，必须是可微的啊。可是你要考虑所有路

径的贡献，占主导的路径却是不可微的，根本没法计算经典的作用量。但物理学家厉害在于，抛开数学严格性不管，通过一些粗糙但有效的处理方法，可以计算出某些情况下的路径积分结果，这更像是一个聪明的工程学家。

我认为最理想的解决方法是，直面数学基础问题，也许统一简洁漂亮的解决量子化疑难的契机就在不可微路径里面。而重整化的方法，也是我们对不可微、分形、尺度等等问题还不够清晰时的一种牵强处理手法。一旦建立起统一的基础，即能真正把握量子化的本质，又能一以贯之地解决量子化，而不需要整而又重整，一次而又二次量子化，这样缝缝补补。

## 上帝不打补丁

量子场论是一件缝缝补补的衣服，广义相对论则是天衣无缝。所谓天衣无缝，是指逻辑体系上的，并非理论完全了。广义相对论是一步到位，从原理到理论到方程到预言，一气浑成，因为这就是一个人统一的思想的创造。而量子场论则不然，是一堆人一砖一瓦构筑起来的，东一榔锤西一棒，歪歪斜斜发展过来的。

从这两个学科的教材也可见一斑，广义相对论的教

材，一般都是从爱因斯坦的两个原理出发，介绍时空弯曲的想法，然后引入微分几何语言，然后导出场方程，最后是场方程的求解和应用，是很合逻辑的，有层次的。而量子场论的教材，从来没有这种层次感，你找不到什么是基础的原理的重要的，哪些是枝节的衍生的，而且各个书的写法都不一样。没有一个或几个原理性的基础假设，即使是规范原理，也不能一气呵成导出别的东西，还要辅助 Higgs 机制等等。

那你可以想象，科学的这两种发展路数，那一种更接近上帝创世的方法？也许不同人有不同的信仰，但我不相信上帝创造世界需要缝缝补补，我坚信上帝不打补丁。上帝必须是一气呵成地，根据他的理念，完美地创造了世界，而不会是时不时地更正修补一下。

## 量子力学中的复数

这个问题从大学时就开始想了，忽悠五六年了，一路跌跌撞撞，终于似乎有些开始触到本质了。其实狭义相对论里，由于时间和空间虽然联系起来，但还有的同，这个不同就可以引入虚数  $i$  来把闵空间变成欧空间，当然这个引入不是必须的。经典的电磁场也可以用了一个虚数  $E+iB$  然后就可以把方程写得更漂亮

和简介，当然也不是必须的，完全可以不要。但量子力学似乎就不一样了，复数到处都是，似乎不可避免。量子力学的神奇，很大程度上是由于这个虚数  $i$ 。最早引入虚数  $i$  可能是为了描述波粒二象性，需要复数来描述波。量子力学里的又一个神奇之处是经典概率变成了概率幅，有两种理解，一种说，这是一种全新的概率理论；一种认为概率幅的描述，有其他深层次的原因，并不涉及概率的数学基础。描述物体状态的东西变成了复数的波函数，而真实物理即概率密度只和复数波函数的平方相关，这里带来一个冗余或者说对称性，一个相位变化不影响物理，这点是规范场的基础。薛定谔方程是一个复数方程虚数时间，如果给变化成实数方程则是一个扩散方程。量子力学里一个物体的状态和根据这个状态可以观察到的量之间的关系很诡异两种之间有些差异；而描述状态的东西，本质上都是复数的，从薛定谔的波函数，到 Pauli spinor Dirac spinor。

物即为物，自在之物，用波函数描述，你能看到的東西，是你自己拿算子去观察这个波函数，拿什么看，就能看到什么东西，即算子的特征值。最费解的是，你看完了的东西，就变了，波函数就坍塌了，你看那么一眼，她就不再是她了。用旋量这些东西用来描述



物体状态，都是复数，且都有冗余，即都有相位因子不变，都有  $i$ 。这个相位因子太重要了没有这个规范场就失去基础，规范场准确的名字应该叫相位场。wely 之前搞规范场，基于真实的时空，结果出来的东西不符合物理，后来利用量子里头的复数，才搞出了规范场。规范场，很神奇地就是基于这个描述自然的冗余，这是一种内部空间的对称性，和外部时空的对称性貌似很不一样。

## 内外之辩：什么是内部空间？

什么是内部空间？

## 旋量与张量

前面提到，相对论当中到处是张量，量子力学当中又到处是虚数，是波函数，是旋量。旋量的本质是什么？怎么和张量整合？很显然，要达成一个统一的理论，至少要在数学上先有一套统一的语言，来统一描述张量和旋量。这个语言，正是几何代数。

## 相对性原理—规范原理

前面提到，相对性原理和规范原理是两套比较成功的原理，二者如何统一呢。因为原理这种层次的东西，必须是越少越好，上帝创造世界的思想，必须是简洁统一的，归根结底成一个终极的第一性原理。

我的观点，规范对称性就可以理解为某种积分常数了。在牛顿力学里，空间位置本身也是有某种规范对称的，平移甚至匀速运动的两个观察者之间观察到的物理规律是一样的， $x$  或  $x+c$  或  $x+vt+c$  可以是不同观察者直接观察到的量，这里的“规范”变换可以看做是不同观察者的坐标变换，但物理规律都是一样的，因为空间位置的二阶导才写入方程，这个就是伽利略相对性原理，绝对的位置和速度并没有物理的意义。爱因斯坦的狭义相对性原理就是把时空统一起来了。用这种观点，所谓的规范对称性和相对性原理就可以看做本质是一样的了。差别在于，牛顿力学的这种位置的相对性，可以是真实的观察者的不同观察效应，而场的相对性则更抽象，电磁矢量的规范变换，如何成为真实观察者的不同观察效应呢。唯有如此，我们才能真正把握规范变换的物理实质。

相对性原理和规范理论原理都可以表述为物理规

律用数学表述时的冗余性。这种冗余性最简单的例子就是用分量来表达向量，向量是客观的，但分量表达是依赖于参考系的选取，带有主观的冗余。科学规律，就是要剔除掉一切的这种冗余，只留下最本真的客观规律。这种冗余，某种程度上可以理解为某种积分常数，比如位置中的原点的选取，零电势的选取，其实是不影响规律本事的。用这种思路，希望可以统一相对论原理和量子力学中的一些原理，那么需要一种全新的微积分来将量子随机涨落效应理解为这种积分常数项

那么问题是，这种客观的绝对的规律，到底应该用什么数学来表述呢？这种相对性的思想必须蕴含在一种内涵足够丰富的数学形式之中，就像牛顿方程是二次方程，所以容许相互做匀速直线运动的观察者得到统一的方程。

## 广义相对性原理还应该继续贯彻到底

广义相对性原理的目标是，一切参考系平权。当然这个原理并没有完全实现，还有待进一步贯彻。目前来说，顶多只能说是一切匀加速运动的参考系平权，所以贯彻到这种程度的“广义”相对论很大程度上被

理解为一种更精确的引力理论。但我不这样认为，我始终认为广义相对论是时空与物质关系的深刻理论，是更深刻的时空观革命，引力现象只是其中的一个效应。

广义相对性原理的真正贯彻，应该对一切连续变换的参考系平权，而现今的数学只能处理光滑变换的参考系。但一切连续函数当中，光滑函数只是其中微乎其微地特例，而绝对的主体是不可微函数。

数学家花了太多的时间和精力在“可微的”甚至“光滑的”这种几何对象上。而事实上，现实物理世界所呈现的几何往往大多是不可微的，非光滑的。即便是在数学里，可微函数相对于不可微函数，就像有理数相对于无理数一样稀少。显然，在有理数上是建立不了完备的数学分析的，同样，放着几乎全部的不可微函数不研究，而只关心微乎其微的可微函数，这样建立起来的微分几何理论怎么算完备呢？

一旦广义相对性原理达到完全地贯彻，必将带来更加巨大的变革，也许能把更多的现象包容进来。

最理想的情况的是，但考虑到自由运动粒子可能是不可微的路径，或者说坐标系变换是一般连续变换包括不可微变换，或者说时空流形是不可微的，考虑到这种不可微的特性后，如果能自然地包容进一切的现

象，包括各种其他的相互作用，甚至现在仍未知的现象等等，那将是最美妙的情况了。

一个很核心的问题是质量的本质，惯性质量和引力质量已经被看做质量的两个侧面，还有一个微观质量的概念，在量子力学里，比如狄拉克方程里的质量，有一种几何的意义，可以理解为粒子改变自己运动方向的频率，这个对应于粒子轨迹的分形维数。沿着这个思路，是否可以得到某种质量概念的几何化。

## 物理量的分别和统一

如果上述思想可以统一广义相对论和量子场论，是否就是构成了物理学统一的基础呢？我们再放眼整个物理学，再次尝试回答，世界是什么？最基本的概念是哪些？基本的物理量和物理常数的问题也是很深刻的问题。

什么是物理常数？我现在的理解是，物理常数只是我们理解基本规律还不够深刻时，人为引入的一种辅助，比如光速，相对论之前，时间和空间并没有统一，故需要时间和空间两个概念，进而需要速度的概念，而相对论之后，时空统一为一体，光速就起一个单位

转换的作用，可以将其设定为 1

真正难以理解的是，为什么有那么几种基本物理量，理论上， $N$  种物理量，我们只需要  $N-1$  个基本物理常数来抵消所有人为选定的所谓物理量。物理学上以时间、长度、质量、温度、电流强度、发光强度、物质的量这 7 个物理单位为基本量，它们的单位依次为：秒、米、千克、开尔文、安培、坎德拉、摩尔。

那么我们物理中讨论最多的现在的基本物理单位是：时间、空间、质量是三个，为什么还要三个基本物理量光速、引力常数、普朗克常数呢？应该有一个不是基本的？这三个物理常数非同小可，分别对应了狭义相对论、广义相对论、量子力学。

还有和温度相关的是波尔兹曼常数，如何整合进来？如何整合热力学。

说得有些随性，归根结底的问题是：

到底什么是基本物理量？什么是基本物理单位？什么是基本的物理常数？他们为什么基本？为什么是这些而不是另一些？

毕竟，在上帝看来，一切都是统一的，我们之所以构造出这些不同的物理概念、物理量和常数，都是因为我们还没有看到深刻的统一性。

总之，我最疯狂和最理想主义的预想，最后的理论，

应该是一个纯几何的理论，所有的物理常数都应该出现，所有单位量全部消失，所有的物理量统一为一个本源，全部物理常数皆可以变成 1，最根本的概念只有物质、运动和时空，全部概念数学化、几何化、绝对化！

最终的原理，上帝的思想，奥妙极其深刻，形式却极其简单，可以用一个方程简洁概括，写到一个咖啡杯上。

## 物质---运动---时空，三位一体

相对性原理的本质思想就是，自然法则不依赖于受这些法则支配的物质的具体运动形式。

比如狭义相对性原理要求一切惯性观察者平权，广义相对性原理要求一切参考系平权。也即，

继续坚持这一原理，最终建立的理论，应该是物质---运动---时空，三位一体的关系

一切物质的运动，受普适的物理规律的约束，

一切运动的物质，又能平等地参悟到普适的物理规律

这就是科学的核心。

## 巍峨成一统登峰须十年

当今物理学的局面，无论是就深度还是广度，都远比牛顿和爱因斯坦当年要复杂得多。无论是数学工具还是物理理论都变成了庞大而复杂的巨大体系。

但就数学来说，现今几乎再也没有数学家能够把握数学的全体，每一个小分支都可轻松耗掉一个绝顶聪明的数学家一辈子的精力，所以数学家只关注自己局部的领域，很少人去关心这个数学是否是对应真实的物理。

而理论物理学家则要能敏锐地抓住数学弱水三千中的那最美的一瓢饮，要抓住最核心的那部分数学。而且如果这种数学没有被创造出来，物理学家往往还得自己来创造。这是数学，一个好的物理学家必须得深刻领会好的数学，好的数学家可以根本不懂物理，当然他们大多数都是这样的。

更重要的，理论物理学家还得对整个物理学框架，有一个统一的全局的见解，抓住最核心的部分，选对了正确的方向，方能攀登上物理学的顶峰。

以下则是我对最核心的东西的一种直觉：

我的判断正确的方向便是一以贯之的相对性原理，这是物理学的正道。爱因斯坦所谓的广义相对论，其



实并没有将广义相对性原理贯彻到底，我的努力方向是将相对性原理从光滑变换进一步推广到一般的不可微变换，我期待这种推广可以自然地导出量子效应，因为种种迹象表面量子 and 分形有着千丝万缕的联系。爱因斯坦是好运的，因为他创立广义相对论的数学即微分几何已经有人准备好了。但这里的不可微几何，则完全是一片未知的海洋。

另一个核心的东西是所谓的最小作用量原理。我觉得问题不是简单地找到最后的一个拉格朗日量，而是要革新最小作用量原理的方法，这个得基于某种严格化的路径积分方法。

然后就是规范原理的深化和改造，使得与相对性原理相容。我觉得当前的对称破缺方法可能是权宜的，应该被一种更深刻的机理取代，这种方法会对质量的本质给出更深刻的解释。这种理论也许可以给出某种意义下，物质构成的全新理解。将爱因斯坦方程右边也变成大理石构成的。

“当然，我一刻也没有怀疑过，这种表述方式仅仅是一种权宜之计，以便给予广义相对性原理以一个初步的自圆其说的表示。因为它本质上不过是一种引力场理论，这种引力场是有点人为地从还不知道其结构的总场中分离出来的。”

沿着以上的思路，我们期待摸索出爱因斯坦所谓的“总场”的方程，如果有幸找到了这个最终的方程式，我们将揭示上帝的创世秘密，一窥永恒。

# 统一之后的科学：通往复杂性

## 填充科学金字塔

按照前面的划分，整个科学大厦是一个金字塔结构，越顶层的原理性的东西越少，底层的则各种丰富。科学的发展有两个方向，也即前面提到的为学和为道，也即一个是在底层扩展，一个向上攀登。

前面讨论的，也是我个人主要努力的方向，是深入贯彻相对性原理之路，是向上攀登的方向。这一篇章，则重点讨论另一个方向，往复杂性的方向，底层的拓展。这两个方向是同步进行的，而且已经上升到高层次的可以指导尚在底层的，底层的也自己慢慢抽象出规律向上，两个方向的结合，上下会和则填充了科学的金字塔。

底层有最简单的机械运动、电磁运动、原子内的各种运动、直到复杂的分子化学、有机化学、简单的生命运动、单细胞到多细胞、组织器官、到复杂的生命体、到人体、到人类社会、人类思维等等。这个方向就是底层扩展的方向。

这些不同领域的现象都将一步步抽象出范式，然后找到物理规律，动力学乃至原理。这个是往上层攀登

的方向。但当前的物理学是上升得最快的科学，目前只有简单的物理运动如机械运动电磁和原子等已经上升到高层次了，其余的还徘徊在底层。

所以整个金字塔中间是空的，只是发展出了两条线，一个是物理学，发展得太快直接爬上了接近顶峰，剩下的学科都在底层，而留下了中间大块空间。

这里几个很有趣的问题是，首先我相信在高层的原理性的东西是简单统一的，无论从哪个底层上去的。也即纷繁复杂的现象背后的原理是统一的。

其次，如何利用已经发展到高层的物理理论来指导尚在底层的其他学科。正是这一点，使得我们有必要往高层攀登，因为可以高屋建瓴指导底层。比如，从弟谷的数据中要得到开普勒三定律是很难的，比如调和定律这种其实并不自然的定律，开普勒花了九年才从数据中发现，这说明底层往上走是很难的。但如果从上层往下看则非常简单，用牛顿引力公式推导开普勒三定律九分钟就可以，可谓居高临下，高屋建瓴。

虽然拿高层的规律去指导底层现象，这不是我个人的努力方向，但我学生物化学的朋友那里知道，薛定谔方程是分析化学的基础，确实在化学里起到了很重要的作用。这个方程在理论物理学家看来不过是通往相对论性量子力学过程中的一个并不完美的副产

品，但却真实指导了生物化学过程。这给我很大信心，更加坚信向上攀登的意义，并不只是理论上的意义，而是可以返回来指导其他领域的科学实践。

## 复杂性科学也必将追求逻辑简洁一致性

这个层次框架下，我们再看未来复杂性科学的发展。我相信复杂性科学的发展，也将慢慢沿着我所说的这种层次发展过来，从各种无穷无尽纷繁复杂的现象中慢慢提炼，层层深化。但由于我相信原理性的东西是统一的，所以如果我们通过别的理论如引力电磁等等，已经爬上了高层的原理的层次，那么这种原理应该向下能够指导复杂性科学的发展。

想象一下，在电磁理论没有成形之前，自然界的各种电磁现象也是无穷无尽纷繁复杂的啊。到今天，电磁理论已经高度抽象和简洁了。我相信，一切别的复杂科学，也将如此。

这里顺便提到还原论这个词，关于这个词，很多场合的意义其实是很混乱的，简单地讲，我相信那种通往逻辑上原理上的简洁性统一性的还原论，而不相信那种原子论式的还原论。而当今的所谓复杂科学，因

为研究的现象复杂,可能要在第一个层次上逗留更久,找到更多更好的范式出来,最后才能慢慢去粗取精,最终也必须追求逻辑简洁性和原理的普适性。不能说反对还原论,就放弃科学的一贯追求:简洁和统一美。

如果说由于找不出简洁性的逻辑体系,就不去找,甚至反其道而行之,将问题复杂化,并乐于此道,那就是科学的退步。如果不去探索发现,人类也很难想象那么纷繁复杂的各种各样的电磁现象背后,居然有如此简单的方程。

## 复杂性科学活物的科学

复杂性科学,研究的是活的东西。

## 复杂性科学以人为本

随着科学的不断发展,她必须要告别幼稚期而逐步走向成熟。真正的复杂性科学的建立,将标志着科学进入成熟。

人们越来越认识到:我们所处的大千世界是以不稳定动力系统为特征的,充满了非平衡、非线性、非稳定、非均匀、非结构、非确定、非可积、非可逆、非光滑、非周期、非对称、……这些新的问题使我们不

得不重新审视科学本身。

我觉得，这将引发一场空前的科学革命，其意义甚至超过相对论和量子力学。牛顿创立的经典力学被发现并不始终是正确的。当深入到微观尺度应该取代为量子力学，当物体的速度接近于光速则相对论是正确的。但无论是微观尺度还是接近于光速的情况都不是我们通常所接触的大自然。

而非线性科学革命则不然，它表明即使是通常的宏观尺度和一般物体的运动速度，经典决定论也有其局限性。

由于非线性科学涵盖各种各样尺度的系统，涉及以任意速率运动的对象，所以它有更加广泛的应用性。可以设想，它将给人类生产生活带来更加巨大的革命。

我认为非线性最终的意义在于它将打开通向生命、社会、思维等复杂领域的大门。而且，21世纪科学的重心会从纯粹的自然慢慢深入到更为复杂的生命科学、经济学、社会科学、脑科学甚至精神的研究。这些领域的研究将复杂得多，我们可能要花相当长的时间，这是未来科学的重点。这些都是典型的非线性系统，需要全新的数学方法。

## 生命之源：信息、秩序、进化

从宇宙到人，之间有个过渡，就是生命。



# 人间世

## 道是无晴却有晴

前面说的这些，都是天上的事情，似乎跟人类并不直接相关。的确，科学研究的是宇宙，是亘古不变的自然之道，而在亿万年的浩渺宇宙里，人类文明不过是数千年的存在，似乎不过是宇宙的尘埃，人似乎是微不足道的。

那么这些研究似乎非常没有人情味。其实不然，正可谓“道是无晴却有晴”，前面已经给过很多例子，那些起初看似毫无价值的仰望星空的探索，却最终实实在在地巨大地改变了人类本身。物理学在过去几百年给人类带来的巨变，有目共睹，所以这种对自然的探索确实是对人类全体的“大感情”。

科学研究要接近上帝，要有超俗的眼界，但并不代表不关心人类社会现实，毕竟科学家也是人。就我而言，我对社会现实的思考和关切，对人类苦难的怜悯，对社会公平正义的企盼，和明显地缺乏与别人和社会直接接触的要求，形成了鲜明和古怪的对比。

无论如何，我认为，单独自然科学如果不配以相应的人文道德约束，不见得就是好事，所以接下来我还

是开始谈谈人间的事。

## 人是什么：自然-社会-心灵

人是什么？这个问题不同的哲学家有不同的答案。我认为，人是三个方面各种关系的总和。三个方面是，人的自然属性、社会属性和心灵属性。这也是一个层层深入的过程。

人这种奇怪的物种，在宇宙中的地位是多么微妙啊。一方面，人是微不足道的。宇宙中绝大多数地方和绝大多数时间下是没有人的，人不过是尘埃中的尘埃，仿佛没有人类对宇宙本身并不会造成什么变化，这么看人类是太渺小了。

但从另一方面来看，人类又是伟大的。因为人类是如此的特别，我们居然能洞察这一切，能体察宇宙的浩渺造物主的伟大，能知道自己的渺小。

### 自然的人

首先，谈谈人与自然的关系。

很显然，人是自然世界的一部分，自然世界可以离

开人而独立存在，但人不能离开自然世界。自然属性是第一位的，离开物质存在，人的其他属性也无法存在。

在自然人层面上，人是几乎平等的。比如人一出生，从自然人的角度来看，大体是平等的，我们都被赋予了同样宝贵的身体，上帝赐予我们眼睛来看，赐予我们耳朵来听，赐予我们双脚站立在这大地，赐予我们双手来劳动创造，赐予我们大脑来思考，赐予我们心灵来感受。这些都是上帝赋予的，无价之宝。

## 工具：人与自然的交叉

人来源于动物，但如何超越动物的呢？第一步就是工具的使用。开始使用工具，超越自身天然肉体的局限，是人之成为人的第一次大飞越。

人的基本任务是认知和改造自然，认知自然是科学，改造自然是技术。人类认知和改造自然的结果之一就是工具的发明。工具可谓是人与自然之间的某种中介，工具是改造了的自然，是延伸了的人体。有了工具后，人类继续利用工具，改造更多的自然，得到更高级的工具。

人类文明的发展，某种意义上，就是工具的不断升

级，给人类自身带来的不断的解放。从最开始的，石器代替自身的爪牙，到车马代步，到机械代替手工劳动力，到现代的计算机代替脑力。工具的升级换代，是文明进步的标志，代表了人的越来越深入的解放。

工具代表了人类对自然的认知和改造程度，基本代表了生产力，按照这个划分，人类经历了石器时代、铜铁时代、蓄力时代、热力机械时代、核力时代、电子智能时代，以及可预期的生命工程时代。

人与自然的关系的进步，是最根本的，决定了人类社会的组成方式，即所谓的生产力决定生产关系。

## 社会的人

再来谈谈人与人的关系。

人的自然属性，可以说就是人的动物属性。但人类作为一个群体，构成一个社会，就产生了人与人之间行为规范的问题。有伦理道德规范，超越弱肉强食的动物属性，是人之成为人的第二次大飞越。

优胜劣汰，弱肉强食的生态法则，或多或少以某种新的形式残存在人类社会之中。这种动物性是不可能完全丧失的，但对这种动物性的不断规范和剔除，标志着人类文明的进步。

## 军事-政治-法律-商业-伦理-道德

从社会人的角度来看，并不如自然人那样，在社会中人是永远不平等的，这就是老子所说的，“天之道，损有余而补不足。人之道，损不足以奉有余。”

人类如何规范人与人之间的关系以组建社会，体现了人类文明进步程度。社会的进步体现在以何种新的较能忍受的不平等代替了旧的更野蛮的不平等，以维系社会结构稳定运作。

按照这种划分，人类大致经历了暴力文明、权力文明和商业文明。人与人之间的行为规范依据文明程度来讲，有以下的阶梯，军事-政治-法律-商业-伦理-道德。

### 暴力文明

最初的文明，是充满了动物兽性和暴力的。当人与人矛盾不可调和时，就诉诸武力。“人世难逢开口笑，上疆场彼此弯弓月。流遍了，郊原血。”人与人之间彼此协调一致是极其有限的，集体与集体之间更是如此，人类数千年的文明，有一大半在战争中度过。战争确实对人类文明的发展有过催化作用，但更多的是给人类生存带来的威胁。而且随着人类技术水平的越来越

发达，战争也变得越来越残酷和更具杀伤力，从冷兵器，到热兵器，到核战争。真不知道科技发展是让人类更安全了，还是更危险了。

奴隶社会的建立整个都是基于这种暴力，随着生产力的发达，奴隶被部分解放出来，邦国的建立，此时纯粹的暴力已经不能镇压奴隶阶级，于是产生了某种矛盾的妥协，这种妥协就是政治，这是一个大进步了，就是所谓的先礼后兵。给赤裸裸的暴力以装饰，冠以各种政治名义，使得更具有欺骗性，这其实是统治者追求一种不战而屈人之兵的效果，虽然本质仍是低劣的，但也算是一种进步。无论如何，在民主政治真正诞生之前，军事和政治是沆瀣一气，都是极其低劣的。

在这种基于暴力的统治中，法制的出现是一种进步。法制是规范人与人之间权利义务关系的制度，就是事先画个框，哪里能进哪里不能规定好，只要不进入禁区就没事，这比肆无忌惮的根本没框的暴力略有进步。尽管在民主政治之前，这个框是统治者画的，本质上还是任意的，算不得真正的法制。

社会之法，和自然之法，其效力真是“天壤之别”。自然之法，天网恢恢，一切的存在都是精准地完全地遵守，丝毫不偏离，而且自然之法本身也是简洁美妙的。而社会之法，繁复啰嗦，却效力不济。原因也许

是，自然是上帝创造的，是完美的，社会之法是人类组建的，人类太不完美。尽管社会之法也许永远都不那么完美，但法制的发展健全还是社会进步很重要的方向。

钱

## 灵性的人

## 中国传统三家文明：儒释道

## 数学-语言-音乐

## 科学和人文

科学的发展远远领先于人文，这是很让人忧虑和不

安的事情。

## 我们是第几次文明

回顾一下现代科学，或者更远一点说近代科学，从牛顿的《自然哲学的数学原理》开始，至今才几百年而已。。。如果地球的历史是一天，那科学史不过短短的数秒钟而已。

仅仅是过了几百年，科学取得了很大的成就，但细想一下，无非是自以为弄懂了些个机械运动，电磁运动，热运动，化学运动等等最朴素的简单的系统。

科学家雄心勃勃地对“宇宙的起源”“万物的理论”开始探索。诚然，这种探索精神是很好的，但我总觉得宇宙浩渺，时空无垠，你几秒钟想出来的东西，你能保证在一分钟前的几秒钟，一小时前的几秒钟，数小时前的几秒钟里，没有别人想出来过吗？

也许早就有若干次科学文明史了！什么牛顿定律、爱因斯坦相对论早就在数千万年前被发现过，甚至被发现过多次。

然后文明因某种原理消失了，但这些科学的结晶，



却可能以某种形式保留下来，一个最大的可能就是传说，是佛经，是宗教经典。当然这些遗留下来的必然是残缺的，但足以给人以启示。如果你细读各大文明的创世说，你会发现惊人的相似，这种相似难道只是偶然吗？另外，我初中时曾读到一些类似世界之谜的东西，里面提到关于佛经中记载的时空单位，有一些是非常非常宏观或微观的，有些时空单位刚好是原子裂变的时空数量级，有些则是宇宙的年龄的数量级，至今对这个都感到很不可思议。。。只是无耐不懂佛经，无法求证

总之，我的意思是，科学工作者对上古之神应该对虔诚的敬畏，也许他们早就是得道之史前文明，而我们不过是不知不知道第几次还未成熟的文明而已。