

第一部分 展望 21 世纪科技奥运会

(吕子东，徐仁达，杨象富，2003 年 8 月)

一、“以史为镜 可以知兴替”

子曰：“三人行，必有我师”。本文是想说，真做学问的人必学而真问之。

欣赏奥运会上的百米冲刺是件幸事。如果你比别人慢一点跑到终点，就得承认与冠军无缘；如果你吃了兴奋剂（造假行为），同样要被淘汰出局。理解公平公正的竞争，奥运精神堪称是人类的一大杰作。

世上还有一个与奥运相仿的运动会，在科学王国里，有人戏称在上世纪开始的诺贝尔评奖活动是全人类思维活动的奥运会，特别是在少有争议的自然科学领域。如果你在某一重大领域能比别人提早一步取得成功，并且不含“兴奋剂”，如果你的成功能为人类对自然的认识、能为科学的发展开辟一个全新的领域，你就必然能得到诺贝尔评奖委员们的青睐。就象上世纪的第一年，物理学家伦琴因在 1895 年发现 X 射线而获得首届诺贝尔物理学奖，因为 X 射线的发现敲开了物质微观世界的大门。看来，金牌首先属于跑在前面的人。

刚迈进 21 世纪的门槛，我们这些炎黄子孙会有人准备参与这个属于人类思维活动的奥运会吗？它的竞技舞台在哪里？有哪些竞技项目？如果你想参与 21 世纪这个人类思维活动的奥运会，就应该心中有数。对此，就必须知道些什么，就应该了解 21 世纪的自然科学会面临着什么样的机遇和挑战。展望 21 世纪科技“奥运会”的文章很多，学术报告也很多，可作借鉴的也很多，但都比不上有一个聪明人的回答，他比谁都说得好：“以史为镜，可以知兴替”，这是唐朝的一个古人魏征说的，他说出了一条既简单又明白的真理，一部人类的科学发展史又何尝不是如此。

只有“以史为镜”，才能展望 21 世纪的科技奥运会。

人所共知，载入 20 世纪科学史册中最具影响力的科学进展，应当包括广义相对论、量子理论及遗传密码的破译和其他公认的课题，正是这些课题，他们取得了并且掌握着 20 世纪科技奥运会的举办权。这是毋庸置疑的事实，问题是：这些课题是怎么出世的？如果时间退回到 19 世纪末期，当人们看到了成千上万页的光谱数据给出的元素波长的精确值后，一切都感到令人满意。“如果”能够知道光谱线的存在理由，“如果”通过热力学和电磁理论的结合能够对光谱的类型作出解释的话，这样的“如果”，在物理学上只能算得上是 2 个小小的“困扰”。正如开尔文曾经说过的：“物理学已经可以认为是完成了，以后的物理学家可做的事已所剩无几，但在物理学这块晴朗天空的边际，还有二朵令人不安的小小乌云。”然而，正是这样二朵小小的“乌云”，导致了相对论和量子理论的诞生，改变了人类对宏观世界和微观世界的认识。这在 19 世纪末，特别是当时的科学界泰斗，是谁也不曾想到的。人们会问，这样的变化是必然的吗？还是自然科学史上的一种偶然性？这是需要回答的。

人类在 20 世纪的百年中，在微观世界领域，已经从物质的分子、原子，经过原子核和强子层次，到达了夸克、轻子和胶子的

层次；在宏观领域，1905 年出现的狭义相对论，改变了人们对时间和空间的认识，1915 年出现的广义相对论则把近千年来形成的欧几里得时空理论边界条件一下子推广到黎曼时空。伽莫夫建立的“大爆炸”理论，由于发现了宇宙微波背景辐射（ $C \cdot B \cdot R$ ），从而奠定了现代宇宙理论的基本框架，“造物主”在宇宙诞生后就自动宣布退休了。借助于现代的科学理论，人工控制核能的伟大构想实现了，激光技术，微电子技术和电子信息技术，新兴的纳米技术及超导技术，空间探测技术和航天技术等等一系列新技术革命，把人类的文明和社会生产力的发展速度带进了一个全新的时代。20 世纪的物理学给我们留下了辉煌的成就，天空是一片晴朗，没有什么人可以怀疑，20 世纪建立的理论物理会失去 21 世纪人类思维活动奥运会的举办权，如果说，在万里晴空的边际仍然存在着几朵乌云的话，也很难改变原有理论体系的基本框架。但是，这一切却正是开尔文在 19 世纪末期所预言的。

如果在内斯维泽夫斯基等人的重力场致量子效应实验成功的基础上，自然界的 4 种作用力得到了统一，如果物理学上的对称性和客观世界不对称的矛盾得到了解决，如果夸克的“囚禁”之谜得到了确定的答案，如果... ..，那么在 19 世纪末期的开尔文的预言放在 20 世纪末期就应该是正确的，后代的科学家将在 20 世纪建立的理论框架内逐步完成一个终极的理论物理体系。就是说，在 19 世纪末出现的二朵乌云引发的物理学革命则是带有自然科学史上的一种偶然性。

终极理论的提法，其本身就有一种不祥之兆，自然科学的发展史告诉我们：“尽善尽美的背后却总是意味着另一场革命的开始”，这一点正如狄拉克在论及物理学的若干世纪性疑难时所说的。如果在 19 世纪末期物理学上空的二朵乌云做了相对论和量子物理学的助产婆，存在于 20 世纪末期的物理学上空的这一大片乌云是否同样会充当某种新理论诞生的助产婆呢？如果这一片乌云

符合助产婆的条件，那么魏征这个聪明人说的“以史为镜，可以知兴替”这句话放在这里就是最合适不过了。何种乌云，它的那些基本特征，能通过作为物理革命助产婆的资质考核呢？这是本文要说的，“以史为镜”，在自然科学的发展史上，就是找到这些助产婆共有的特征，这是最明白不过的，而不仅仅是堆积那些历史上出现的偶然性。

任何一种科学理论，除受到时代生产力水平的总体制约外，还存在着受实验条件和观察条件确定的适用于该理论的边界条件制约。所谓“乌云”也罢，科学的“困扰”也罢，都是过去的理论尚不能解释的问题。解决的途径只能有两条，其一是寻求新的发现与现有理论的会合点，在边界条件不变的前提下，使理论得到完善，例如对夸克的寻找，对希格斯粒子的寻找，等等；其二是利用新的发现检验现有理论的边界条件，在二者不相符合或矛盾时，创立新的理论使之符合扩大后的边界条件，后者有点达尔文主义的味道。

什么是理论的边界条件呢？牛顿力学的边界条件是建立在欧几里得绝对时空之上的，它非常接近于低速运动描述的实际时空，在此边界条件限定的范围，牛顿力学是正确的科学理论，海王星就是该理论在笔尖之下找到的太阳系的九大行星之一。在麦克斯韦建立了电动力学，预言并发现了电磁波的存在之后，这一新的发现与牛顿理论会合后，暴露了牛顿理论的不完备性。空间的绝对性和同时性的绝对性在客观世界并不存在，牛顿绝对时空只是一种近似的表达。爱因斯坦修正了牛顿理论的边界条件，就是说，狭义相对论和一切后牛顿力学的边界条件，是建立在欧几里得相对时空之上的，它使牛顿理论得到充分的完善。狭义相对论只适用于平直的欧几里得相对时空，在超出了这一边界条件后，例如在黎曼时空观察到的物理现象（如水星近日点进动的余值），它仍然是无法解释的。欲使之与新发现的边界条件相一致，就必须创

立新的理论，这就是爱因斯坦的广义相对论和他的时空理论。就是说，用实数表达的黎曼时空更符合客观世界的存在。我们不难发现，20世纪自然科学的两大理论支柱，广义相对论只适用于用实数表达的黎曼时空，量子理论只适用于实数表达的平直的欧几里得相对时空，这就是两大理论支柱的边界条件。

“以史为镜”，就是在自然科学发展史上，利用新的发现（称之为“乌云”或“困扰”等等），检验现有理论的边界条件，如果观察到的事实已超越了两大理论支柱的边界条件，则存在于20世纪末期物理学上空的这一片“乌云”就必定是19世纪末期的二朵小小“乌云”的翻版（爱因斯坦说得对：科学没有永恒的理论，一个理论所预言的论据常常被实验所推翻，任何一个理论都有它的发展和成功的时期，经历这个时间以后，它就很快衰落了）。

二、21 世纪新物理学的助产婆

最近，也就是三年前，美国的全国科学研究委员会，专门召集了一批有声望的科学界泰斗和学科领头人，开了一次特别的会议。之所以特别，是因为这次学术会议有着深刻的时代背景和历史原因。大家知道，在美国的天文学家（包括合作伙伴）有着当今世界上功能最强大的天文望远镜，特别是在哈勃望远镜上天之后，对太空的观察距离正在逐步接近可观察宇宙的边界。这样，谁都想问：我们的宇宙是什么样的？有宇宙的边界吗？边界为何物？边界之外又是什么？问题会有很多很多。美国的量子物理学家（包括合作伙伴），他们有着当今世界上功率最大也是最精密的对微观世界的探测工具，他们又看到些什么呢？大家都知道，不管是原子还是原子核中的质子和中子，都是可以继续分割的，问题取决于我们能得到多大能量的粒子，并用它作为分割的工具。因为粒子的能量越高，对应的波长就越短，能“看到”的空间距离就越小。现在的物理学家已经把道尔顿原子分割成由不同的味量子数、色量子数、重子数、轻子数构成的 6 种夸克和 6 种轻子，加上胶子，中间玻色子，光子和引力子，构成了一幅以实数时空

形式存在的描述物质“基本构件”的宇宙图景。有人会问：如果用更高的能量，是否会发现这些夸克和轻子等又是由更小的亚粒子组成？并构成对实数时空在微观领域的一个无穷系列的补充；也同样会反问：我们的微观世界究竟有多少个层次？自然界凭什么法则选择这么多层次？能看到微观世界真正的“基本构件”吗？如果“看不到”，量子理论就是不完备的，如果能“看到”，那么在“基本构件”边界之内又是什么？问题同样会有很多很多。

天文学家和量子物理学家在 20 世纪所观察到的物质世界，从宏观角度，已经大到接近 150 亿光年的距离；从微观角度，则已经小至 10^{-19}m 。他们在这样大的范围看到了以前无法见到的新现象，这些观察结果已足够让好奇的人类去“苦恼”了，因为观察的结果与现有的科学理论不相符合或不甚相符合，特别是对着 20 世纪科学理论的两大支柱，这如同摩天大楼的底层出现了裂隙，应该怎么办呢？

科学是需要进步的，而且人类对自然图景的认识，也只能在解决这些“苦恼”和矛盾过程中不断得到发展和完善。20 世纪的科学没有把牛顿力学和欧氏几何奉为圣典就是一个证明。能否找到现代科学理论和现在发现的观察事实的会合点，这正是人类文明发展的需要，这也是美国全国科学研究委员会决定兴师动众，集中一大批科技界精英，并建议美国政府加强协调，集中科技资源为这些“苦恼”寻找答案的真正原因。美国全国科学研究委员会在这次会议后发表了题为《建立夸克和宇宙的联系：新世纪 11 大科学难题》的报告，报告由 19 位权威的物理学家和天文学家联合执笔。“报告”的内容非常清晰，用一句话概括就是 20 世纪确立的广义相对论和量子理论的上空飘着 11 朵“乌云”。报告没有明确预言这 11 朵乌云在 21 世纪的命运：是“云开日出”？它使相对论和量子理论更加完善；还是“山雨欲来风满楼”？即现在发现的这些观察事实超越了广义相对论和量子理论的“边界条件”。

判别 20 世纪后期出现的这些“乌云”的时空特征，（不论是谁提出的，本文只选择观察事实），对确定 21 世纪科技奥运会的举办权是非常重要的。就是说，在 20 世纪后期出现的这些科学上的“困扰”会有哪些属于两大理论支柱“边界条件”范围内的？哪些超越了它们的“边界条件”？这是本文需要列项说明的。

科学难题之一：暗物质是什么？

这是美国全国科学研究委员会在报告中摆在第一位的难题。大家知道，最近几年对宇宙微波背景辐射（ $C \cdot B \cdot R$ ）的观察和研究得出：可观察宇宙有着最简单的扁平体结构。由于宇宙的形状是由它的总质量和总能量决定的，因此，也就决定了宇宙的总质量密度，这就出现了一个非常困难的问题：满足封闭式宇宙模型所需的总质量密度，竟是以往所了解的普通物质总质量密度的 10 倍以上。就是说，人类对物质存在形式的全部知识，尚不足观察事实所需要的答案量的 10%。人们会问：宇宙中 90% 以上的物质到哪里去找？为什么现代的科学没有发现它们，而仅能用“暗物质”一词统而称之。“暗物质”一词提出了两个大问题：其一是，如果它是尚未发现的符合量子理论“边界条件”的普通物质，那么作为 20 世纪自然科学支柱之一的量子力学，就仅仅是描述可观察宇宙不到 10% 的物质和它的运动规律，问题会有多么严重！更为严重的是，即使加上量子理论猜测的可能存在有引力作用的暗物质（中微子及轴子—axions 等），也凑不到所需答案量的 40%。就是说，宇宙中大部分物质（>60%）的存在形式，我们还一无所知，这是够“苦恼”的。“暗物质”一词对现在的量子理论肯定不是好消息。其二是，作为 20 世纪自然科学的另一大支柱广义相对论，该理论的前提之一就是惯性质量和引力质量之间的等效原理，目前对大量星云（包括我们的银河系）的观察表明，星云的动力学结构及光学结构无法与按照等效原理确认的天体质量

值相一致，“暗物质”普遍存在于各个可观察的星云之中，它无法与黎曼实数时空的表达相一致，这同样是够“苦恼”的，因为按照等效原理确定的天体质量值同样只有所需要的答案量的10%或更小些。

要解决“暗物质”一词所代表的科学难题，必须依靠科学的实验和观察。对于这一类实验和观察，即使在“边界条件”上没有异义，就是在数量上（它代表对宇宙中90%以上的物质存在形式），也应该是21世纪科技奥运会的首选竞技项目。这样的实验和观察在21世纪可以做到吗？这是本文稍后就要说明的

科学难题之二：“暗能量”是什么？

这份“新世纪11大科学难题”的研究报告指出：最近几年对遥远超新星的观察和研究显示，被观察到的宇宙的膨胀速度要大得多。宇宙在膨胀，这是大家都知道的事实，是哈勃在1929年的一个伟大的发现，也是一个在理论上至今还没有解决的发现。因为到目前为止，人类所认识的物质之间的相互作用，处在顶尖水平的认识就是20世纪量子理论中的量子场论这一部分。宇宙在膨胀或观察到的加速膨胀，按照量子场论的基本原理，就必须存在着一种普通的相互作用力保持着时空结构向外扩张，这就是科学界通常所称的“暗能量”，但“暗能量”又是什么呢？目前为止，人类只认识物质之间存在着四种相互作用（强、弱、电磁和引力作用）；暗能量“肯定是局外之物。”暗能量“是宇宙大爆炸时遗留下来的？如同宇宙的微波背景辐射一样；还是普通物质固有的属性？或者是至今未曾发现的“暗物质”之间的相互作用力？对此，科学界至今还一无所知，至少在台面上（除了猜测的以外）还无法回答这个难题。

“宇宙在膨胀”，这是一个毋庸置疑的观察事实。自然科学需要说明的是，宇宙为什么会膨胀？更重要的是，为什么会在封闭

的宇宙模型中膨胀？是宇宙的总质量密度不足而一直膨胀下去？明显的一点是广义相对论如何与封闭式的宇宙模型相协调；如果允许物质之间存在着多种作用力，则如何与现今的量子理论相协调？问题有点像《西游记》中的唐僧取经，“敢问路在何方”？应该说，科学的道路只有一条：宇宙是统一的，宇宙中时空结构的运动和宇宙中物质的运动也是统一的，如何寻找二者运动的会合点，才是解决问题的关键所在。

正如大家知道的，到目前为止，人类只认识物质之间存在着四种基本的相互作用，并且一直为统一已知的四种相互作用而努力。如果现在的观察事实又多出另一种甚至多出几种相互作用力，是否会使问题变得过于尖锐：是科学界 300 年来一直祈求的宇宙是统一体的大目标错了？还是 20 世纪建立的对物质之间相互作用的唯象描述有严重问题？是否二者必居其一？

“暗能量”一词对 20 世纪创立的量子场论提出了一联串的质疑：物质之间的相互作用力究竟有几种？为什么就是这几种？是否存在控制物质相互作用的时空边界条件？量子理论中的长程力是无边界的，引力也是无边界的，它如何与宇宙的膨胀相协调？事实上，一系列的观察结果已经超越了量子理论限定的边界条件：例如类星体和活动星系核的释能机制是什么？它比我们了解的太阳能量要大 12 个数量级以上，就是一万亿倍，这又是什么作用力？例如对太阳的核聚变反应是量子理论最了解的，但回答不了太阳的自动控制核聚变反应的物理机制是什么？太阳为什么没有变成天文学氢弹，一次性完成它的释能使命，而是非常准确地每秒提供 5.9 亿吨氢核燃料（也有 7750 万吨之说）并赐予地球人最合适的生存条件。对地球也一样，地球每年释放的能量约 509 吨的氢核聚变反应提供的能量，并使地壳的板块发生构造运动，造成一次次惨绝人寰的地质灾难（地震和火山等）。如果要谈及地震和火山的预报和预防工作，却不清楚地球的释能机制，岂非与

“天圆地方”说划上等号。

“暗能量”一词对20世纪的量子理论构成了严重的挑战，它同样需要人类的实验和观察，这也是本文在稍后就要说明的。

科学难题之三：引力是什么？

在爱因斯坦改进牛顿理论时，他把巨大的引力场和接近光速运动的物体都统一在等效原理中，形成了著名的广义相对论和他的时空理论。读者是否注意到，爱因斯坦的引力理论从没有涉及到在微观距离起作用的量子物理领域，引力在微观领域真的小到可以忽略不计吗？这又是谁也不曾证明过的一种公开的“约定”。“约定”认为：引力只作用于宏观世界，其他3种力作用于微观世界，世界就是这个样子的。

1995年以来，天文观察发现了若干星系中心有黑洞存在的直接证据，例如日本的 α 射线天文卫星就观察到“MCG-6-30-15”星系中心的 α 射线存在着“引力红移”。目前已发现的可能存在黑洞的星系中心约占星系总数的1%。如果按照现在对黑洞的观察，引力就必然涉及更是危及了量子物理学的本身。如星系“NGC4261”的旋能半径约为300光年，中心天体的质量为20亿倍太阳质量；“M84”的旋能半径约为30光年，中心天体的质量约为3亿倍太阳质量，它们的活动强度是已知的强作用的10万~100万倍。这些众多的观察事实无法用现有的任何理论去解析：如果黑洞不是引力作用，就没有任何已知的相互作用可以描述旋能半径圈定的高速旋转的“气体”运动；如果它是引力作用，并且统一在等效原理之中，就不难得到在中心天体内，质点之间的距离将远远小于普朗克长度，这是量子物理学不允许存在的。显然，上述星体的客观存在，要求理论物理必须找到物质相互作用与引力作用的会合点，引力作用被分割成二个空间间隔是任何科学的理论无法接受的。

“黑洞”曾经是广义相对论的一个理论上的成果。“黑洞”的发现和它存在的客观性，却向现代的科学理论提出了严重的挑战即经典的广义相对论由于预言存在着无限大物质密度的奇点而预示了自身的垮台，如同经典力学对原子的描述必须坍缩成无限大的密度而预告自身的垮台一样（霍金，1988）；量子物理也没有从中占到便宜，超越普朗克长度的边界条件并把引力分割成二个空间间隔是任何科学法则所难以接受的。

引力是自然界中最基本的作用力，引力作用于黑洞的视界和视界之内的时空结构。黑洞的发现和它存在的客观性，预示着“黑洞”构成了无限大密度的奇点只是人类对客观世界认识的负面效应，“黑洞”物理学必存在着超越黎曼实数时空的边界条件。同样的理由，引力作用于我们常见的宏观世界，宏观世界的物质组成必存在着与黑洞描述相对应的时空结构，实数时空在微观领域的无穷分割也可能是人类对客观世界认识的负面效应，“引力”的困惑同样需要人类的实验和观察，这也是本文需要说明的。

科学难题之四：太阳中微子失踪案

这是 30 多年来（1968~）一直没有找到答案的老问题，加上从 1993 年及 1995 年开始运行的水切连科夫探测器和镓探测器，长期对太阳中微子的测量证明，太阳中微子到达地球后确实有很大一部分失踪了：镓探测器证明太阳中微子“失踪”了约 40%，水切连科夫探测器证明了太阳中微子的高能部分（ ^8B ）“失踪”了约 50%，氯探测器证明了高中能部分“失踪”了三分之二。更为严重的是，所有三种类型的探测器都无法证明太阳中微子的中能部分（即 ^7Be 及 CNO 中微子，约占总量 1/18）是不是全部失踪了。

简单的太阳中微子失踪案，构成了 20 世纪后期在理论物理领域的严重困扰，也就是说到目前为止，所有在台面上的理论和假说（包括相对论的时空理论和量子理论，包括公开发表的学术论

文和学术报告等等），对这个失踪案都无能为力。怎么办呢？最简单的办法，就是怀疑通过观察建立起来的天文学太阳标准模型有问题。但是多年来对日震学的研究表明，这个模型基本上是正确的，即使有误差，调节的幅度也不会很大。就是说试图通过调节太阳内部温度和化学成分分布，来解析“失踪”的中微子流量，基本上是行不通的。略显复杂一些的办法就是与宇宙中的质量缺失相联系，如果中微子有小许静质量，一来它能填补一块宇宙学上的质量缺失，二来可以建立一个中微子的振荡模型。就是说，太阳的电子型中微子在到达地球前发生了“味”振荡，有三分之二改变了面孔，变成了 μ 中微子和 τ 中微子，这样，失踪了三分之二的电子型中微子这一问题就解决了，它和观察结果基本上相一致。但是，在改变了面孔的另一边却捅出了更大的漏洞，因为只要有极小量的电子型中微子改变面孔，例如有千分之一变成 μ 子型，水切连科夫探测器在理论上将会接收到 > 300 个中微子测量单位（SNU），它将比运行纪录大出 600 倍，这是很容易发现的。长期的运行纪录表明这是不存在的。与中微子“味”振荡的前提，即中微子有小许静质量的假说相联系的另一个实验，就是寻找双 β 衰变的实验，实验的结果同样否定了“味”振荡。就是说中微子的“味”振荡模型只是单边主义的模型，闯不出设在另一边的二道关口（共有五道关口，本文注）。

解决太阳中微子失踪案确实有很大难度，至少在 20 世纪后半期，为此奋斗的“中微子斗牛士”何止成千上万而均未成功。但这些非凡的劳动和努力，能够说明一个问题，对太阳中微子的探测所揭示的一切矛盾，已经明白无误地告诉我们：“现有的理论对中微子物理性质的认识存在着严重的错误”。这个结论已经逐步被科学界接受了。

中微子的全部物理特征向自然科学现有的二大理论支柱提出了严重的挑战：太阳的中微子失踪案肯定与中微子本身固有的物

理特性有关；实验从不曾观察到慢于光速的中微子，它是全部费米子中惟一的例外，为什么？全部实验都证明中微子仅有单一的手征性，它又是所有费米子中惟一的例外，为什么？如此等等。中微子的 6 项物理特征（后述），对具有黎曼实数时空的广义相对论，对具有欧氏实数时空的量子理论，都是无法回答也无法包容的。

读者不难发现，21 世纪新物理学的“助产婆”还有很多，有人归结出有 11 个，也有人在 11 个之外又补充了几个。能够通过“资质考核”的一个共同的标准就是，它们来自复数时空结构，它们超越了广义相对论和量子理论的边界条件。何种时空结构的描述更符合也更接近我们宇宙真实的时空结构呢？是欧氏的绝对时空？是欧氏的相对时空？是黎曼的实数时空？还是罗巴切夫斯基的复数时空？物理学上的实验和观察将是 21 世纪科技奥运会的主要竞技项目，这是最明白不过的道理了。

三、谈 21 世纪新物理学的‘ 竞技 ’项目

“以史为镜”将会有哪些实验和观察可以证明这些‘助产婆’已通过“资质考核”呢？如果与 20 世纪出现的并取得科技奥运会举办权之一的广义相对论作比较，可以发现，在 20 世纪，凡是能够证明我们的宇宙更接近黎曼实数时空结构的实验和观察，都被科学家看作是最好的竞技项目，这是众所周知的，即在弱场中允许出现的广义相对论效应，都作了相当精密的观察。如果与描述微观世界的量子理论作比较，在选择竞技项目上，也可以得到完全一样的结论。要解决 20 世纪末期在广义相对论和量子理论上空出现的这一片“乌云”如果它们通过‘助产婆’的“资质考核”，这样的新物理学所选择的竞技项目同样是确定的。就是说，凡是可以证明我们的宇宙更接近罗氏复数时空结构的实验和观察，将是 21 世纪最好的竞技项目。有人说这是实证论所不允许的，因为任何实验值和观察值只能用实数表达，世界上并不存在测定虚数大小的实验仪器和观察工具。对于单一的虚值物理量，由于“人择原理”的限制，上述说法是正确的。但构成虚值之间相互作用的物理量（如 $i \times i = -1$ ）则肯定是可以测量的，并且任何一个最