

现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》

李学生 (Li Xuesheng)

山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员, 北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员

xiandaiwulixue@21cn.com, 1922538071@qq.com

摘要 (Abstract): 物理学是科学的基本学科。本文章分析探讨了现代物理学的重要问题, 广义相对论, 供参考。

[李学生 (Li Xuesheng). 现代物理学基础的思考之四——《广义相对论的思考》。 *Academ Arena* 2017;9(14s): 373-391]. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>. 10. doi:10.7537/marsaaj0914s1710.

关键词 (Keywords): 质点; 电荷; 引力; 电力; 空间; 方程; 量子力学; 广义相对论

(作者为中国科学院高能物理所研究员)

参考文献:

- 1、何香涛, 乔戈, “霍伊尔和他的稳恒态宇宙”, 《自然辩证法研究》, Vol. 9, No. 1, 1993.(He Xiangtao, Qiao Ge, “Sir Fred Hoyle and His Theory of Steady State Universe”, *Studies in Dialectics of Nature*, Vol. 9, No. 1, 1993.)
- 2、W.泡利,《相对论》,凌德洪,周万生 译,上海科学技术出版社,1979。(W. Pauli, *THEORY OF RELATIVITY*, Pergamon Press, 1958。)
- 3、周培源,“论 Einstein 引力理论中坐标的物理意义及场方程的解”,中国引力与相对论天体物理讨论会,1981年。
- 4、See, W. Deritter, *Mon. Not. R. Astro. Soc.* 71, 388 (1911) .
- 5、吕家鸿,“对牛顿万有引力的一种可能的修正”,《中国科技大学学报》, No. 1, 1984.
- 6、吕家鸿,“修正牛顿万有引力定律的哲学意义”,《自然辩证法研究》, Vol. 2, No. 1, 1986.
- 7 A. P. French, 汪培伟译,“宇宙间第五种基本力”,《世界科学》, No. 3, 1987年。
- 8、R. D. Newman, Tests of the Gravitational Inverse Square Law on Laboratory Distance Scale, Presented at The third Marcel Grossman Meeting on Recent Development in General Relativity, Shanghai, China, September, 1982.
- 9、W. G. V. 罗瑟,《相对论导论》,岳曾元,关德相 译,科学出版社,1980。(W. G. V. Rosser, *AN INTRODUCTION TO THE THEORY OF RELATIVITY*, Butterworths, London, 1971。)
- 10、A. Einstein,《狭义与广义相对论浅说》,杨润殷 译,上海科技出版社,1979。(Albert Einstein, *RELATIVITY The Special and The General Theory*, Methuen & Co. Ltd. London, 1955。)
- 11、Hans C Ohanian. *Gravitation and Spacetime* (1976) p270

第六章 暗物质与暗能量

1、暗物质与暗能量在现代物理学中的意义

《自然杂志》19卷4期的‘探索物理学难题的科学意义’的97个悬而未决的难题：28。宇宙中的暗物质是由什么粒子构成的？

美籍华人著名的物理学家、诺贝尔奖金获得者李政道把“一些物理现象理论上对称,但实验结果不对称”、“暗物质问题、暗能量问题”、“类星体的发能远远超过核能,每个类星体的能量竟然是太阳能量的10¹⁵倍”、“夸克禁闭”称为是21世纪科技界所面临的四大难题。“暗物质是笼罩20世纪末和21世纪初现代物理学的最大乌云,它将预示着物理学的又一次革命。”

现代宇宙学观测表明宇宙中存在暗物质和暗能量。但是它们的起源仍然是个谜。我们能找到的普通物质仅占整个宇宙的4%,各种测算方法都证实,宇宙的大部分是不可见的。要说宇宙中仅仅就是暗色尘云和死星体是很容易的,但已发现的有力证据说明,事实并非如此。正是对宇宙中未知物质的寻找,使宇宙学家和粒子物理学家开始合作,最有可能的暗物质成分是中微子或其它两种粒子: *neutralino* 和 *axions* (轴子),但这仅是物理学的理论推测,并未探测到,据认为,这三种粒子都不带电,因此无法吸收或反射光,但其性质稳定,所以能从创世大爆炸后的最初阶段幸存下来。

杨振宁讲：“所谓暗物质、暗能量就是非常稀奇的事物，这里面我想是可能引出基本物理学中革命性的发展来的……假如一个年轻人，他觉得自己一生的目的就是要做革命性的发展的话，他应该去学习天文学。”

在新世纪之初，美国国家研究委员会发布研究报告，列出了在新世纪需要解答的 11 个与宇宙有关的难题，并同时建议美国政府的研究机构加强协调，集中资源为这些难题寻找答案。这份题为《建立夸克与宇宙的联系：新世纪 11 大科学问题》的报告，是由 19 位权威物理学家和天文学家联合执笔。科学家们在报告中认为，暗物质和暗能量应该是未来几十年天文学研究的重中之重。“什么是暗物质”和“暗能量的性质是什么”，在报告所列出的 11 个大问题中分列为第一位和第二位。

李政道教授曾多次指出：“暗物质是笼罩 20 世纪和 21 世纪初现代物理学的最大乌云，它将预示着物理学的又一次革命。”李政道指出：“20 世纪初的大问题是太阳能的来源；21 世纪初的大问题是暗能量的来源”。他说，“了解暗物质和暗能量，是人类在 21 世纪向科学的大挑战。”李政道指出，“21 世纪初科学最大的谜是暗物质和暗能量。它们的存在，向全世界年轻的科学家提出了挑战。暗物质存在于人类已知的物质之外，人们目前知道它的存在，但不知道它是什么，它的构成也和人类已知的物质不同。在宇宙中，暗物质的能量是人类已知物质的能量的 5 倍以上。暗能量更是奇怪，以人类已知的核反应为例，反应前后的物质有少量的质量差，这个差异转化成了巨大的能量。暗能量却可以使物质的质量全部消失，完全转化为能量。宇宙中的暗能量是已知物质能量的 14 倍以上。宇宙之外可能有很多宇宙。”

李政道先生 09 年访问上海交通大学，并做了“以天之道，解物之道”的精彩演讲，其中他如是谈暗物质与暗能量：他讲宇宙的总能量中只有 5% 是已知物质的能量，其中 95% 我们都不了解，其中 25% 是暗物质，70% 是暗能量。现在暗能量也是交大物理系研究的重点。什么叫暗物质，什么是暗能量我们不知道，但是我们知道他占据了宇宙的 95%。我们现在知道的物质是由电子、质子、中子和极少数的正电子、反质子等等构成。

2005 年 10 月 24 日下午，著名物理学家、诺贝尔物理学奖获得者李政道来到清华大学大礼堂，参加纪念中国博士后流动站成立二十周年清华大学庆祝活动，并在会上发表演讲，向与会的千余名博士后阐述他对 20、21 世纪科学最大的谜的见解，暗物质和暗能量是世纪谜题。李政道在演讲中指出，21 世纪初科学最大的谜是暗物质和暗能量。它们的存在，向全世界年轻的科学家提出了挑战。暗物质存在于人类已知的物质之外，人们目前知道它的存在，但不知道它是什么，它的构成也和人类已知的物质不同。在宇宙中，暗物质的能量是人类已知物质的能量的 5 倍以上。暗能量更是奇怪，以人类已知的核反应为例，反应前后的物质有少量的质量差，这个差异转化成了巨大的能量。暗能量却可以使物质的质量全部消失，完全转化为能量。宇宙中的暗能量是已知物质能量的 14 倍以上。李政道在《科技导报》2005 年第 5 期上发表的专稿《在我的祖国纪念 Einstein》，其中关于能量，有以下四段话：“我们人类能感知到的常规物质的能量（也就是已了解部分的宇宙），只占整个宇宙能量的 5% 或者更小些，其它 95% 的能量都不是由我们现在所知的物质构成的。”“我们宇宙中的能量大多数是暗物质和暗能量，既看不见，也不知道是什么东西。暗物质对所有我们能测量的光、电场、磁场、强作用（核的能力场）都不起任何作用，可是，暗物质有引力场（地心吸力就是引力场）。通过引力场我们知道有暗物质存在，而且，暗物质的总能量比我们这类物质的总能量要大了 5 倍，或 5 倍以上。可是对暗物质的其它性质，我们完全不知道！”“暗能量的性质更是奇怪，它能产生一种负的压力。Einstein 在 20 世纪早期就曾假设过负压力这种性质的存在。后来，因为没有实验的支持，Einstein 就放弃了这一个方向。在裂变和聚变反应中，反应前后物质的质量有少量的差异。按照 Einstein 的著名质能公式 $E=mc^2$ ，这些少量的质量差异能够转化为巨大的能量。而暗能量可以将物质质量全部消失，完全转化为能量！”“最近几年，通过哈勃太空望远镜，我们发现，我们的宇宙不仅是在膨胀而且是在加速地膨胀。从它膨胀的加速度可以推算出，它是由于一种负压力也就是暗能量的存在才膨胀的。而这暗能量的总量占据全宇宙能量的 70%。”

李政道、杨振宁分歧，观点截然不同：2005 年 4 月 18 日《中国科学报》登载李政道、杨振宁的文章。李文认为广义相对论更重要的作用是在 21 世纪，因为要弄清暗物质、暗能量的问题，还得靠爱因斯坦的理论来指导；杨文却认为物理学的基本规律在 20 世纪，已全部被发现了，21 世纪将是基本规律在各领域的应用。去年，《中国科学报》登载了《我科学家挑战现代物理学“两朵乌云”》，报道由中科院多个研究所、上海交通大学、中国原子能科学院等多家科研单位参与的国家“973”计划项目“暗物质、暗能量的理论研究及实验预研”。认为 19 世纪末，经典物理学已经非常成熟，但是上空漂浮着“两朵乌云”：一是迈克尔逊-莫雷实验，一是黑体辐射实验。后来，它们却分别促使了相对论和量子论的发现，极大地推进了人类对物质世界的认识。和 19 世纪末相似，20 世纪末的物理学上空也漂浮着“两朵乌云”，一是暗物质，一是暗能量。杨振宁先生所指出的方向，实际上全国都在努力进行 20 世纪物理学成果的应用。李政道先生所指出的方向，有一批人取得国家的经费支持，国内以中科院理论物理所等单位为主的主流理论物理学家是沿此方

向前进的。希望对两种观点都能一视同仁，在基本粒子和宇宙学方面既发表主流派的意见，也发表对主流派质疑甚至反对的意见。

牛顿发现引力定律，但不知其所以然。爱因斯坦的广义相对论认为，引力是物质和能量所产生的时空弯曲。近来有迹象表明，原子等“可见物质”只占宇宙中总物质的 5%，其余 25% 是暗物质，70% 是暗能量。现有的引力理论未能解释宇宙的 95%，显然这不可能是完整的理论。一些科学家提出不同的解释，其中包括具有 11 维时空的超弦理论。——摘自奥弗比 (Dennis Overbye) 的文章。

2、暗物质问题的提出过程

天文学家已经证明：宇宙中的天体从比我们银河系小 100 万倍的星系到最大星系团，都是由一种物质形式所维系在一起的，这种物质既不是构成我们银河系的那种物质，也不发光。这种物质可能包括一个或更多尚未发现的基本粒子组成，该物质的聚集产生导致宇宙中星系和大尺寸结构形成的万有引力。同时，这些粒子可能穿过地面实验室。

上个世纪 30 年代，诺贝尔奖获得者密立根，曾致力于将位于美国加利福尼亚州南部城市帕萨迪纳的加州理工学院，建成世界一流的研究机构。他聘用的第一位从事天体物理研究的学者，是瑞士籍科学家弗里兹·兹威基。1934 年，兹威基研究了星系团内星系的运动，首次提出暗物质存在的可能性。星系在宇宙中有一种成团倾向，彼此之间有引力联系，由其构成的体系称为星系群；若受引力束缚在一起的星系群不止几十个，而是几百个、上千个、几千个，那么就称为星系团。星系团中成百上千的星系，因被自身引力束缚，运动速度与引力必须达成平衡才不致出轨；而且引力越强，运动速度越快。然而，兹威基发现，星系团内星系远远不足以产生如此大的引力，一定还存在人类看不见的其他物质，他称之为暗物质。

暗物质存在的直观证据，是引力透镜现象：当遥远星系发出的光途经某个星系团附近时，光线就会因星系团引力偏折，这时的星系团就好像一个透镜，朝这个方向望去就会看到巨大的光弧甚至同一个星系的几个不同镜像。

暗物质存在的一个重要证据是，天文学家观测到一些恒星的运动速度比理论上计算的要快得多，显然有许多看不见的暗物质在吸引着这些恒星。如果暗物质也是由原子或分子组成的话，它们在宇宙早期就会参加核反应，从而使这些元素的丰富程度低于今天的观测值。它不和这些粒子发生任何作用。科学家把它起名为“WIMP”，它的中文意思是“弱相互作用重粒子”。由于暗物质的存在，远离星系中心的物质的速度不随距离的增大而减少。这种现象不是个别的，对所有测量过的 967 个星系，所有测量结果都是这样的，没有一个例外。就是说所有的星系里面绝大多数的物质都是暗物质。中国科学院何祚庥院士认为，宇宙中是否除质子、中子，电子等“会”发光的物质以外，还存在着在原则上就不会发光的物质，或者说宇宙中是否存在占 95% 以上的暗物质和暗能量亦即透明物质的问题，这是当前宇宙论研究中一个重大的热点。其实，在宇宙学的领域，直到现在也还没有解决“何谓暗物质”？暗物质有两种形式：一是热暗物质；二是冷暗物质。热暗物质的最佳候选者是中微子。但中微子构成暗物质的前提，是三种中微子之中，至少有某一种中微子具有静止质量。至于冷暗物质，一般公认为带有超对称性质的中性重粒子。

由于真空的特殊地位，李政道等许多理论物理学家都认为：现代物理的疑难可能都与真空有关。李政道教授说：暗物质的存在有什么根据呢？现在我重点讲一下。我们随便看一个星系，它的直径大约为 20 千秒差距 (Kiloparsec)。在星系的周边，随便哪个星，哪个灰尘或者气体云，都各以某一速度运动，离心力是速度的平方除以那一物体离中心的距离 r ，这个离心力应跟引力相平衡，引力是牛顿常数跟星云里的质量相乘，

除以 r 的平方(即公式 $\frac{GM}{r^2} = \frac{V^2}{r}$ ，等式左边是重力加速度,右边是圆周运动的向心加速度,李政道教授在这里说的离心力,是因为物体在作圆周运动时,向心力与离心力的大小是相等的。)。所以如果你已知某个星体离星云中心的距离 r ，我们测量这个星体的速度 V ，就可以算出在这个星云里面有多少物质存在。以星系 NGC3192 为例，它的发光区域长约 15 千秒差距，但是到距离中心 30 千秒差距处，星的速度还在增加，这表示除了看得见的物质外还有绝大多数是看不见的物质。看得见是什么意思呢？除了眼睛看得见，也包括用电磁波、红外光可以测量。看不见的暗物质不放可见光、红外光或电磁波，但它也有万有引力。由于暗物质的存在，远离星系中心的物质的速度不随距离的增大而减少。这种现象不是个别的，对所有测量过的 967 个星系，所有测量结果都是这样的，没有一个例外。就是说所有的星系里面绝大多数的物质都是暗物质。(引自 李政道。《物理学的挑战》。【1】)

为了完善宇宙 Big Bang Cosmology 理论，1980 年科学家引入了暴胀宇宙的概念。它是说宇宙在较早的时期膨胀得较快。这一概念解决了一对矛盾：如果我们回溯今日可见的宇宙膨胀历史，当宇宙的年龄为 10^{-35} 秒的时候，宇宙将被压缩到一个半径 3 毫米的区域中。但是从宇宙膨胀开始到那时，光能行进的距离只有 3×10^{-25} 厘米。这是任何信号能传播的距离。根据暴胀理论的推算，宇宙的平均密度应为 2×10^{-29} 克 / 厘米

³。但人们观测到的宇宙中发光物质密度至多为这一密度的 0.1。就是说，宇宙中有 90% 以上的物质我们至今几乎一无所知。科学家把它们称作暗物质。

威尔金森微波背景各向异性探测器(WMAP)和斯隆数字巡天(SDSS)天文观测以其对宇宙学参数的精确测量，进一步强有力地支持了这一模型。这在人类探索宇宙奥秘和物质基本结构的道路上无疑是一个光辉的成就。WMAP 的结果告诉我们，宇宙中普通物质只占 4%，23% 的物质为暗物质，73% 是暗能量，SDSS 也给出类似的结果。从物质基本结构的观点出发，普通的物质，如树木、桌子以及我们人类本身，是由分子、原子构成。然而分子、原子不是最基本的，目前已知的最基本的粒子是由粒子物理标准模型所描述的夸克和轻子以及传递相互作用的粒子（如光子，胶子等）。北京正负电子对撞机就是系统地研究其中的粲(charm)夸克和陶(tau)轻子。

大量间接证据表明，宇宙中确实存在着暗物质。一种理论认为，暗物质是由弱相互作用大质量粒子（Wimp）构成的。计算机模拟显示，如果缺少了这部分物质，就无法构成现实的宇宙。但由于暗物质本身的特性，要直接找到它们极为困难。证实暗物质存在的最有效方法，就是找到弱相互作用大质量粒子。

麦克斯韦在 1879 年即将逝世时强调写道：“在形成一个前后不出现矛盾的以太结构的问题上，不论我们有多大的困难，而行星际之间和星际之间决不是空无所有的，而是被我们所不太了解的而且可能是最均匀的无疑是最大量的物体或物质实体所占据。”

宇宙中普遍存在着“暗物质”（目前未能科学证实的物质存在形式），有三点确认的证据：一是可观察宇宙具有确认的扁平体结构，这是宇宙背景辐射探测器和威尔金森各向异性探测器一致得到的观察结论。既然是扁平体的宇宙结构，就必然有相应的宇宙总质量密度。二是得到天文观察证明的星系或星系团的运动学质量值，这些我们已知的物质质量，充其量只能满足这个扁平体结构所需要的总质量密度的 4%。三是螺旋星系内部空间的运动学效应，例如要保持太阳目前在银河系中的运动速度（每秒 220 千米），如果需要太阳所在位置的质量为 1 个单位的话，太阳实际的质量只占 2.6%，97.4% 的质量真还不知道藏在什么地方。问题的严重性只需要用一句话就可以概括了；如果 20 世纪的科学理论只能让世人面对 4%（或 2.6%）可看得见的物理学天空（现有科学理论适用的范围），问题该有多么严重。

参考文献：

【1】李政道——科学的发展：从古代中国到现在。朱长超主编。《世界著名科学家演讲精粹》百花洲文艺出版社 1995 年 3 月第 1 版 第 3 次印刷。

3、现代物理学对于暗物质的理论研究

暗物质有诸多基本粒子候选者。最被粒子物理学家看好的是 WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles) 冷暗物质，一般认为其质量比质子重得多，最著名的 WIMP 是 neutralino，典型质量 102 GeV（即 10^{-22} g）。其它的冷暗物质如通过非热机制产生的 Axion，典型质量 10^{-6} eV（即 10^{-39} g），（当然还有质量再小很多很多数量级的 fuzzy cold dark matter）。其它如 MeV 冷暗物质、SuperWIMP，及非常重的 WIMPzillas（质量 10^{13} GeV）。

尚未发现的其它粒子有可能存在，例如一种称为超对称的新对称理论预言有一种大的新类型的粒子，其中有些可解释暗物质。现正在费米实验室 TeV 能级加速器进行的和计划在 CERN 正建造的大型强子对撞机（LHC）上开展的实验，以及地下低温暗物质寻找和空间利用伽马射线大面积天体望远镜所进行的实验，目的都是要寻找超对称粒子。

阿尔法磁谱仪（AMS）安装在国际空间站上，寻找反物质星系和带有我们星系多数质量的神秘暗物质的任何证据。该项目由 MIT 丁肇中领导，国际上（包括中国）广泛参加。

尽管科学家用了精确的宇宙测量方法，但据目前所知，宇宙能量中仅有约 4.6% 是由重子物质（正常原子）构成，23% 由暗物质构成，剩下约 72% 由暗能量构成。而且，在可见宇宙中，几乎所有的重子物质都是物质（重子带正电荷）而不是反物质（重子带负电荷）。

提出新机制的研究小组包括美国纽约布鲁克海文国家实验室和英属哥伦比亚大学的科学家，研究发表在最近出版的《物理评论快报》上。他们称这种新机制为“原质起源论”（hylogenesis）。

英属哥伦比亚大学克里斯·西格森说：“我们正在努力把理论物理中的两个问题一起解释。这一机制将原子形成和暗物质联系在一起，有助于解开重子不对称的秘密，作为对整个暗物质加可见重子的平衡宇宙的一种重建。”

根据研究人员构建的机制，在物质形成景象中，早期宇宙产生了一种新粒子 X 和它的反粒子 X-bar（带等量相反电荷）。X 和 X-bar 在可见部分能结合成为夸克（重子物质的基本组成，如质子和中子），在“隐匿”

部分组成了粒子（由于这种粒子可见部分的相互反应是微弱的），如此，在大爆炸开始后的第一时刻，宇宙膨胀变热时会有 X 和 X-bar 产生。

随后，X 和 X-bar 会衰变，部分变成可见的显重子（尤其是中子，由一个上夸克和两个下夸克组成），部分变成不可见的隐重子。据科学家解释，X 衰变成中子的频率比 X-bar 衰变成反中子的频率更高，同样地，X-bar 衰变为隐反粒子的频率比 X 衰变为隐粒子的频率要高。夸克形成的重子物质组成了我可见物质，隐重子形成了我们所说的暗物质。这种阴—阳衰变方式使得可见物质的正重子数量和暗物质的负重子数量达到平衡。

英属哥伦比亚大学特里姆研究中心的肖恩·图林说：“可见物质和暗物质的能量密度非常接近（1/5 的不同）。在许多情况下，在广大宇宙的早期，生成可见物质和暗物质的过程是互不相关的。于是，这 1/5 的因素要么是早期出现的一个大偶然，要么是两种物质共同起源的重要线索。我认为，这为构建可见物质与暗物质起源的统一模型提供了主要依据。”

物理学家预测，这种物质形成机制将为寻找暗物质提供一个全新途径，它们会留下一些可在实验室探测到的特征标记。科学家解释说，当暗物质反粒子和一个普通原子粒子相撞而湮灭时，就会产生爆发的能量。尽管这非常稀有，但在地球上寻找质子自发衰变的实验中，能探测到暗物质。

在天体物理学观测和离子加速器数据中，也可能会出现其他原质起源的信号。研究人员表示，今后也会在研究中考虑这些可能性。

暗物质分为重子暗物质（例如星系际星）和非重子暗物质。非重子暗物质可能有：有质量的中微子、光微子（photino）、引力子(graviton)、引力微子(gravitino)、中性微子(neutralino)、轴子(axion)等。李政道(T.D. Lee)：“整个宇宙至少 90% 以上（很可能 99% 以上）是暗物质，而不是已知的物质。”

4、现代物理学对于暗物质问题的天文观察简介

1:哈勃望远镜发现暗物质环 跨度约有 260 万光年 2007 年 05 月 16 日 13:07:12



这张由哈勃太空望远镜拍摄的照片显示的是太空中一个跨度约为 260 万光年的暗物质环。美国宇航局 15 日报告说，一个天文学家小组利用哈勃太空望远镜探测到了位于遥远星系团中呈环状分布的暗物质。天文学家们称，这是迄今为止能证明暗物质存在的 strongest 有力的证据。

2:新华社/路透 新华网华盛顿 5 月 15 日电（记者张忠霞）美国宇航局 15 日报告说，一个天文学家小组利用哈勃太空望远镜，探测到了位于遥远星系团中呈环状分布的暗物质。天文学家们称，这是迄今为止能证明暗物质存在的 strongest 有力的证据。所谓暗物质是指宇宙中存在的一种不明性质的物质粒子，它的电磁放射和折射非常微弱，所以不能被直接探测到。按照天文学界目前流行的理论，暗物质才是宇宙物质的“主宰”，而我们肉眼能见的普通物质如恒星、行星，所占质量只是宇宙中很小一部分。暗物质不能被“看”到，但可测

量到其存在的痕迹。天文学家介绍说,借助“引力透镜”效应探测到的这个奇特暗物质环位于距地球 50 亿光年的一个编号为“CL0024+17”的星系。

3、据英国《每日电讯报》(2008年)报道,暗物质被认为是宇宙研究中最具挑战性的课题,它代表了宇宙中 90%以上的物质含量,而人类可以看到的物质只占宇宙总质量的不到 10%。美国科学家称,他们通过一种最新的理论研究发现,地球和月球之间其实隐藏着大量神秘的暗物质。

暗物质无法被人类直接观测得到,但它却能干扰星体发出的光波或引力,其存在能被明显地感受到。科学家曾对暗物质的特性提出了多种假设,但直到目前还没有得到充分的证明。新理论认为,在地球与月球之间存在着大量神秘的暗物质。这一观点也许可以用来解释所谓的“飞行异常”奇怪现象。当太空飞行器进入太空之前、尚在地球周围不断加速的过程中,所有飞行器都曾有过奇怪的速率变化过程。而根据已知的万有引力定律,不应该出现这种现象。于是有些科学家认为,这种飞行异常表明现有物理定律以及万有引力定律存在问题,爱因斯坦的广义相对论需要修正。当然这只是一较为激进的看法。

对此,美国普林斯顿高等研究院理论家斯蒂芬-阿德勒博士持有不同的看法,他认为飞行异常现象是由一种看不见的暗物质所造成。阿德勒解释,飞行器在穿越暗物质的过程中,受到了来自暗物质引力作用,于是就引起了飞行器速率的不规则变化。美国宇航局近日发表的一份分析报告也认为,卫星或太空探测器在飞离或返回地球的过程中,其往返轨道越不对称,飞行异常现象也就越明显。美国“近地小行星交会”“舒梅克”号探测器的飞行速度就比预计的要快得多。在许多太空探测器近地 4 小时的飞行期间,有的出现减速现象,有的出现加速现象。

基于此,阿德勒的观点是地球周围存在着大量的暗物质。阿德勒估计,地球周边的暗物质应该位于月球的公转轨道与低空卫星的轨道之间,其总质量肯定不超过地球质量的十亿分之四。这一质量限度使得地球周围可以存在高密度的暗物质。他认为,这一观点虽然仍存在争议,但却是对此前关于宇宙存在暗物质证据的有力补充。阿德勒解释,地球周边暗物质应该集中于地球周围半径大约为 7 万公里的空间内,其密度远远高于此前天文学家们所估算的密度。“这些暗物质主要局限于月球公转轨道之内,最终衰竭于地球表面附近。它的密度极高,比银晕密度高出 2000 亿倍。”

当然,暗物质可以用来解释飞行异常现象,但同时又引出了一个新的谜团。这些暗物质是如何汇集于地球周围的呢?阿德勒认为,要达到如此高的密度,肯定存在一种层叠堆积的机制。科学家们认为,正是暗物质促成了宇宙结构的形成,如果没有暗物质就不会形成星系、恒星和行星,也就更谈不上今天的人类了。宇宙尽管在极大的尺度上表现出均匀和各向同性,但是在小一些的尺度上则存在着恒星、星系、星系团、巨洞以及星系长城。而在大尺度上能过促使物质运动的力就只有引力了。但是均匀分布的物质不会产生引力,因此今天所有的宇宙结构必然源自于宇宙极早期物质分布的微小涨落,而这些涨落会在宇宙微波背景辐射(CMB)中留下痕迹。

几十年前,暗物质刚被提出来时仅仅是理论的产物,但是现在我们知道暗物质已经成为了宇宙的重要组成部分。暗物质的总质量是普通物质的 6.3 倍,在宇宙能量密度中占了 1/4,同时更重要的是,暗物质主导了宇宙结构的形成。暗物质的本质现在还是个谜,但是如果假设它是一种弱相互作用亚原子粒子的话,那么由此形成的宇宙大尺度结构与观测相一致。不过,最近对星系以及亚星系结构的分析显示,这一假设和观测结果之间存在着差异,这同时为多种可能的暗物质理论提供了用武之地。通过对小尺度结构密度、分布、演化以及其环境的研究可以区分这些潜在的暗物质模型,为暗物质本性的研究带来新的曙光。

在引入宇宙膨胀理论之后,许多宇宙学家相信宇宙是平直的,而且宇宙总能量密度必定是等于临界值的(这一临界值用于区分宇宙是封闭的还是开放的)。与此同时,宇宙学家们也倾向于一个简单的宇宙,其中能量密度都以物质的形式出现。如果人类不了解暗物质的性质,就不能说我们已经了解了宇宙。现在已经知道了两种暗物质--中微子和黑洞,但是它们对暗物质总量的贡献是非常微小的,暗物质中的绝大部分现在还不清楚。

4: 多国天文学家办 GREAT10 挑战赛 搜寻暗物质存在证据

北京时间 12 月 11 日消息,据国外媒体报道,宇宙学家希望游戏爱好者、程序员、计算机科学家和各行各业奇才们来帮助他们确定暗物质存在的证据。一个由多国天文学家组成的国际研究小组近日举办了一项名为“GREAT10”挑战赛(引力透镜准确性试验挑战赛),邀请广大天文爱好者和计算机天才来共同探索一种能够更好地分析星系扭曲图像的方式,旨在发现潜伏于宇宙中的不可见暗物质的证据。

宇宙中大块的物质块实际上可以起到一种巨型透镜的作用,可以在最临近的区域内扭曲时空。穿过物质块的光线往往会被扭曲变形,这种现象被称为“引力透镜”效应。有些时候,这种扭曲是非常明显的,比如美国宇航局“哈勃”太空望远镜所拍摄的一些遥远星系族的图像,都可能存在扭曲现象。

但是,有时这种扭曲太过微妙,以致于人类肉眼根本识别不出来。此外,天文学家们在利用望远镜拍摄星系图像时,也常常会受到望远镜噪音的影响。因此,宇宙学家们转而希望有人能够利用机器学习算法“教会”计算机来识别模式。挑战赛组织者之一、美国宇航局宇宙学家贾森-劳德斯表示,“在星系形状图像受到各种各样噪音影响的情况下,我们正在努力教计算机挑出其中最正确的图像。”

挑战赛组织者希望,机器学习领域和计算机科学领域的专家和天才们能够带来最新的思想。不过,挑战赛并不仅仅局限于上述专家们,任何人都可以参与。挑战赛组织者之一、英国爱丁堡大学天体物理学家托马斯-基特青表示,“应用于游戏和数码相机中的图像处理软件和技术都非常相似。任何在图像处理和软件研发领域中有经验的人都可以参与挑战赛。”

劳德斯认为,“GREAT10”挑战赛与其他的民间科学工程挑战赛相似。不过,“GREAT10”挑战赛获奖者除了得到物质奖品外,他们或许还能够帮助科学家解答天文学中最奥妙也是最基本的谜团:宇宙究竟是由什么组成的?最终,挑战赛中研发的计算机程序将被用于揭开暗物质和暗能量的神秘面纱。

通过研究轻微扭曲的星系,科学家们或许能够绘制出宇宙中暗物质的详细地图。暗物质被认为是占据宇宙 24%的不可见填充物。知道了暗物质在哪里以及如何变化将能够帮助天文学家更好地解密暗能量。暗能量又是一种更加神秘的事物,它构成了宇宙的 72%。

劳德斯表示,“最令人兴奋的是,我们将采用一种多学科综合方法去解决所有科学中最压抑的问题之一。最终目标就是发展出一种关于宇宙的组成以及宇宙最终命运的研究方法。即使你没有终生研究宇宙学,但你同样也可以通过‘GREAT10’挑战赛做出真正的贡献。”

5、新华社电 中国日报网站特稿

它无所不在,却又无迹可寻。没有它就没有我们的宇宙,更谈不上今天的人类。它就是暗物质,一个让物理学界追寻半个多世纪的谜。2013年4月3日,诺贝尔奖获得者、美籍华裔物理学家丁肇中及其阿尔法磁谱仪(AMS)项目团队宣布 18年来首个实验成果,其团队借助阿尔法磁谱仪已发现 40万个正电子,这些正电子可能来自人类一直寻找的暗物质。此前科学家从未明确探测到暗物质粒子。

或需数月才能得到更明确答案

这项研究成果是安装在国际空间站上的价值 20亿美元的阿尔法磁谱仪(AMS)发现的,该设备重约 7吨,2011年5月安装在空间站上。

国际科学家团队经过观察,发现了一种极其罕见的高层反物质电子。而这种电子的出现与暗物质粒子相碰撞会相互破坏并产生正电子的理论相吻合。“这种现象可以支持暗物质存在的理论,不过目前还无法排除另一种来源的可能性。”AMS项目负责人丁肇中博士介绍说。

暗物质理论权威人物、芝加哥大学的迈克尔·特纳教授也认为AMS的研究数据显示出暗物质存在的可能性,但还需要进一步实验确定。丁肇中博士也表示,研究团队有可能会在几个月时间内得到更加明确的答案。

AMS有颗“中国芯”来自中科院电工所

3日发表的丁肇中团队报告,后附一份长长的作者名单。阿尔法磁谱仪项目荟萃了全球 54个科研机构的数百名研究人员,其中名列第七的是中国的中科院电工所。阿尔法磁谱仪有颗“中国芯”,它最关键的大型磁体来自中科院电工所。

据介绍,要将一个大型磁铁放入太空是AMS项目的最大挑战之一。中国科学家选择新型高磁能积钕铁硼材料,采用独特的磁路设计,完全符合实验要求,可以使磁谱仪使用寿命长达 18到 20年,并顺利通过了美国国家航空航天局严格的安全审查,成为人类送入宇宙的第一块大型磁体。

小知识 没有暗物质星系、恒星不会形成

暗物质是宇宙中看不见的物质。现在我们看到的天体,要么发光,如太阳,要么反光,如月亮,但有迹象表明,宇宙中还存在大量人们看不见的物质。它们不发出可见光或其他电磁波,用天文望远镜观测不到。迄今的研究和分析表明,暗物质在宇宙中所占的份额远远超过目前人类可以看到的物质。宇宙中最重要的成分是暗物质和暗能量,暗物质占宇宙 25%,暗能量占 70%,我们通常所观测到的普通物质只占宇宙质量的 5%。

暗物质被认为是宇宙研究中最具挑战性的课题。人们认为暗物质促成了宇宙结构的形成,如果没有暗物质,就不会形成星系、恒星和行星,更谈不上今天的人类了。暗物质的存在是通过天文观测推测出来的,然而目前被广泛认可的粒子物理学标准模型预言的 62种基本粒子中不包含能解释暗物质的基本粒子,因此,探测和研究暗物质很可能导致物理学界新的革命。

-----原标题:或能首次证明暗物质存在

6、传统理论认为宇宙中的暗物质应该是紧密地聚集在星系的中心,但最近一项新的研究表明,暗物质

均匀地散布在星系之中，使神秘的暗物质进一步复杂化，越来越让科学家迷惑不解，这说明人们对暗物质还知之甚少，从而提醒理论学者对传统理论进行修正。该研究结果刊登在即将出版的《天体物理学》杂志上。

暗物质与暗能量被认为是宇宙研究中最具挑战性的课题，它们代表了宇宙中 90% 以上的物质含量。暗物质无法直接被观测到，人们目前只能通过引力产生的效应得知宇宙中有大量暗物质的存在。尽管不知道暗物质具体是什么，科学家们已经逐步建立了一个很好的模型来描述其特性。标准的宇宙模型认为，暗物质由冷的、运行缓慢的奇特粒子构成，由于重力作用，它们聚集在一起，形成暗物质团。宇宙中充满暗能量和暗物质，随着时间的流逝，暗物质团会成长并吸引正常物质，形成如今所见的星系。这种“冷暗物质”模型做得非常好，模拟了暗物质在大多数情况下的行为模式，它设想暗物质应该紧密地聚集在星系的中心。然而，当把它应用到“迷你型”的矮星系时，却不适用了，暗物质的分布情形似乎比模型设想得更分散。

表 1，根据光度方法测量质量的星系物质密度

星系名称	星系半径 R (千 Pc)	星系质量 M ($10^{10} M_{\odot}$)	星系质量密度 ρ (g/cm^3)
NGC 5248	R=12.1	M=4.2	$\rho = 4.2 \times 10^{-25}$
NGC 5383	R=19.9	M=4.6	$\rho = 1 \times 10^{-25}$
NGC 6181	R=14.3	M=6	$\rho = 3.6 \times 10^{-25}$
NGC 7331	R=15.5	M=6.1	$\rho = 2.9 \times 10^{-25}$
NGC 157	R=12.7	M=5	$\rho = 4.3 \times 10^{-25}$
NGC 253	R=9.9	M=12	$\rho = 2.2 \times 10^{-24}$
NGC 598	R=8.7	M=3.9	$\rho = 1.0 \times 10^{-24}$
NGC 613	R=17.7	M=13	$\rho = 4.1 \times 10^{-25}$
NGC 681	R=8.8	M=1.8	$\rho = 4.6 \times 10^{-25}$
NGC 1084	R=9.5	M=1.5	$\rho = 3 \times 10^{-25}$
NGC 1808	R=8.7	M=2.4	$\rho = 6.4 \times 10^{-25}$
NGC 1792	R=8.8	M=1.8	$\rho = 4.6 \times 10^{-25}$
NGC 2903	R=14.2	M=6.1	$\rho = 3.8 \times 10^{-25}$
NGC 3034	R=6.4	M=1	$\rho = 6.7 \times 10^{-25}$
NGC 3227	R=14.6	M=3.6	$\rho = 2 \times 10^{-25}$
NGC 3504	R=9.4	M=1.0	$\rho = 2 \times 10^{-25}$
NGC 3521	R=13.6	M=8.6	$\rho = 6 \times 10^{-25}$
NGC 3646	R=15.2	M=18.6	$\rho = 2.5 \times 10^{-24}$
NGC 3623	R=12.1	M=10.5	$\rho = 1 \times 10^{-24}$
NGC 4258	R=14	M=7.5	$\rho = 4.8 \times 10^{-25}$
NGC 4605	R=3.3	M=0.1	$\rho = 2.5 \times 10^{-25}$
NGC 5005	R=10.2	M=5.9	$\rho = 5.1 \times 10^{-24}$
NGC 5055	R=10.7	M=4.3	$\rho = 6.2 \times 10^{-25}$
NGC 5194	R=9.5	M=6.4	$\rho = 1.3 \times 10^{-24}$

在哈佛-史密松天体物理中心 (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) 的一项新研究中，不依赖于任何传统暗物质理论，研究人员使用一种新的方法计算出两个矮星系的暗物质分布。他们研究的是天炉座 (Fornax) 和玉夫座 (Sculptor) 这两个银河系附近的矮星系 (dwarf galaxies)。研究人员之所以选择矮星系作为研究对象，是因为矮星系由 99% 的暗物质和 1% 的正常物质 (例如：恒星) 所构成，这种差异性使它们成为研究暗物质的理想对象。天炉座和玉夫座只有 100 万至 1000 万颗恒星，相较之下，银河系拥有大约 4000

亿颗恒星。研究人员测量这些矮星系的方位、速度和 1500 至 2500 颗恒星的基本化学成分。测量数据显示，这两个矮星系的暗物质均匀地分布在横跨几百光年的较大区域中，与理论预测结果相违背。而之前的预测认为，暗物质的密度应该朝向星系中央明显增加。此项研究的负责人马特·帕尔默（Matt Palmer）表示：“我们的测量结果否定了有关“冷的”暗物质在矮星系中的结构的基本预测。除非理论家修正这些预测，否则“冷的”暗物质不符合我们的观测数据。”

英国剑桥大学研究员豪尔赫（Jorge Peñarrubia）在一份声明中说：“如果一个矮星系是一个桃子，标准宇宙模型认为，我们应该在桃子中心找到暗物质“核”，相反，我们研究的这两个矮星系却像是无核的桃子。测量结果表明，标准理论模型可能有误。”

研究人员推测，也许是正常物质影响暗物质的程度超过预期，或者是暗物质并不“冷”，移动速度也不慢。研究人员还将进一步研究更多矮星系，特别是暗物质比例较高的矮星系，以确认上述何者正确。

表 2，根据动力学分析测量质量的星系物质密度

星系名称	星系半径 R 千 pc	星系质量 M ($10^{10} M_{\odot}$)	星系质量密度 ρ (g/cm^3)
NGC 45	R=4.2	M=2.1	$\rho = 5 \times 10^{-24}$
NGC 55	R=19.2	M=2.9	$\rho = 7.2 \times 10^{-26}$
NGC 224	R=19.8	M=31.0	$\rho = 7 \times 10^{-25}$
NGC 247	R=9.8	M=1.8	$\rho = 9 \times 10^{-24}$
NGC 300	R=8.6	M=3.2	$\rho = 8.9 \times 10^{-25}$
NGC 428	R=6.3	M=2.1	$\rho = 1.48 \times 10^{-24}$
NGC 628	R=13.6	M=3.9	$\rho = 2.7 \times 10^{-25}$
NGC 772	R=25.4	M=23	$\rho = 2.3 \times 10^{-25}$
NGC 925	R=13.8	M=4.9	$\rho = 3.3 \times 10^{-25}$
NGC 1055	R=19	M=6.6	$\rho = 1.7 \times 10^{-25}$
NGC 1097	R=20.1	M=64	$\rho = 1.4 \times 10^{-24}$
NGC 1156	R=5.4	M=0.63	$\rho = 7 \times 10^{-25}$
NGC 1365	R=28.6	M=17	$\rho = 1.2 \times 10^{-25}$
NGC 1637	R=6.3	M=1.3	$\rho = 9.2 \times 10^{-25}$
NGC 1744	R=11.8	M=9.6	$\rho = 1 \times 10^{-24}$
NGC 2366	R=4.8	M=0.16	$\rho = 2.5 \times 10^{-24}$
NGC 2403	R=13.9	M=7.8	$\rho = 5 \times 10^{-25}$
NGC 2683	R=10.2	M=2.8	$\rho = 4.7 \times 10^{-25}$
NGC 2835	R=10.1	M=5.8	$\rho = 5 \times 10^{-25}$
NGC 2841	R=9.9	M=4.2	$\rho = 7.6 \times 10^{-25}$
NGC 3079	R=19.2	M=5.7	$\rho = 1.4 \times 10^{-25}$
NGC 3109	R=5.9	M=0.60	$\rho = 5.1 \times 10^{-25}$
NGC 3198	R=16.6	M=6.0	$\rho = 2.3 \times 10^{-25}$
NGC 3319	R=11.8	M=1.5	$\rho = 1.6 \times 10^{-25}$

据悉，在宇宙学中，暗物质是指那些不发射任何光及电磁辐射的物质，但它却能干扰星体发出的光波或引力，其存在能被明显地感受到。暗物质存在的最早证据来源于对球状星系旋转速度的观测。科学家曾对暗物质的特性提出了多种假设，但直到目前还没有得到充分的证明。我们必须知道，暗物质促成了宇宙结构的形成，如果没有暗物质就不会形成星系、恒星和行星，更谈不上今天的人类了。如果我们不了解暗物质的性

质，就不能说我们已经了解了宇宙。现在已经知道了两种暗物质--中微子和黑洞，但是它们对暗物质总量的贡献是非常微小的，暗物质中的绝大部分现在还不清楚。2007年1月，暗物质分布图终于诞生了，70位研究人员经过4年的努力绘制出了一幅三维的暗物质“模拟图”，勾勒出相当于从地球上看到，8个月亮并排所覆盖的天空范围中暗物质的轮廓。更妙的是这张分布图带给我们的信息，首先我们看到，暗物质并不是无处不在，它们只在某些地方聚集成团状，而对另一些地方却不屑一顾。但最近的测量结果表明，占据宇宙中大部分空间的暗物质的分布情形与传统理论相悖，暗物质均匀地散布在这些星系之中，这表示标准的宇宙暗物质模型图的某些部分可能要修改。

表3, 哈勃1964年根据质光比计算星系质量密度表

哈勃类型	质量太阳单位 M_{\odot}	质光比太阳单位 M_{\odot}	平均密度 M_{\odot} / pc^3	星系质量密度 g / cm^3
E	2×10^{11}	20-70	0.16	1.2×10^{-23}
Sa	1.6×10^{11}	6.6	0.08	5.9×10^{-24}
Sb	1.3×10^{11}	3.6	0.025	1.8×10^{-23}
Sc	1.6×10^{11}	1.4	0.013	9.6×10^{-25}
Irr		0.9	0.003	2.2×10^{-25}

5、暗能量问题的提出过程

问题导引：《科学》杂志2004年第10期的劳伦斯·M·克罗斯专访中提到：目前最让物理学家困惑的问题有三个：A、暗能量的本质是什么？B、怎样调和黑洞蒸发与量子力学？C、是否存在额外维度？

“我们至今所能达到的最远的距离为1.5亿光年，但在这个距离内我们已经发现天体在分散着，好像是受了一种扩散力似的。我们暂时在这里这样结论，宇宙斥力已获得胜利，而支配着扩散。”——A·S·爱丁顿，1932年。

宇宙学最近的两个发现证实，普通物质和暗物质还不足以解释宇宙的结构，还有第三种成分，它不是物质而是某种形式的暗能量。这种神秘成分存在的第一个证据，来源于对宇宙构造的测量，爱因斯坦认为，所有物质都会改变它周围时空的形状。因此，宇宙的总形状由其中的总质量和能量决定。最近对大爆炸剩余能量的研究显示，宇宙有着最为简单的形状—是扁平的，这也反过来提示了宇宙的总质量密度。但天文学家在将所有暗物质和普通物质的可能来源加起来之后发现，宇宙的质量密度仍少了2/3。

第二个证据表明该成分一定是能量。对遥远超新星的观测显示，宇宙扩张速度并不像科学家设想的那么慢；事实上，扩张速度正在加快，宇宙的加速很难解释，除非有一股普遍的推动力持续将时空结构向外推。最近的实验表明，宇宙膨胀正在加速而不是放慢。这一结论有悖引力具有吸引力的基本概念。如果这些测量成立，就能量的物质形式存在，它的引力具有排斥性而不是吸引力。对膨胀率的详细测量有助于对提出的各种解释暗能量的理论模型加以区别。美国劳伦斯伯克力国家实验室(LBNL)超新星宇宙学项目的研究人员，利用从观测1a型超新星得到的数据直接观测宇宙的加速膨胀。要研究这种类型的超新星，必须观测大量的星系，因为每400年每个星系才只有唯一的一种类型的超新星。这个合作组使用智利天体望远镜、Keck天体望远镜和哈勃望远镜观测和收集1a型超新星的数据。

到目前为止，利用哈勃望远镜仅对25个超新星进行了深入研究。2003年1月，被称为“超新星工厂”开始利用近地星形描述天体望远镜(GLAST)观测 Haleakala 和 Palomar I 和 II，每隔4夜获得1a型超新星一个接近峰值亮度。这些观测每夜产生50兆字节的数据，由美国国家能源研究计算中心(NERSC)的超级计算机和法国超新星观测组合作进行处理。NERSC超级计算机可产生模拟，支持其他数据收集方法。通过超新星爆发中的中等大小的星，这些方法可直接对从原始星到超新星爆发后核心的核合成进行测量。

NERSC超级计算机产生的模拟也可用于LBNL超新星宇宙学项目组领导的超新星加速探测卫星和高-Z超新星寻找组进宇宙加速膨胀的研究。

自从牛顿提出万有引力定律以来，有关引力机制问题一直未得到完全解决。实验和研究证明引力统治着整个宏观世界，自从天文学家证实有暗能量存在以后，统治宇宙的不再是仅占4%可以看得见的物质之间的引力作用，而是一种称之为“暗能量”的反引力作用。于是人们重新审视了太阳和其邻居比邻星(4.28光年)的关系，发现太阳的经典引力范围仅有0.055光年(它包括最近发现的太阳系第10号行星)，即相当于现在的太阳系边缘(柯伊伯峭壁)的70倍，也就是说97.4%的范围变成了反引力的表达，它和太阳在银河系中的质量表达相一致。同一个太阳，为什么有两种方向相反的引力和反引力的表达？问题的严重性就在于太阳

的物理学天空是透明的，反引力（暗能量）能藏在什么地方呢？后来，科学家在实验室里又发现了冷中子的反常表现。人们看到，不论何种分子构成的物质，等效原理总是成立，既然冷中子具有静止质量，理应遵循这条规则，然而实验却替冷中子作了“不”的回答。同一个中子，也有两种引力的表达。20世纪的引力理论显然对此无能为力。

1916年，Einstein把狭义相对论进一步上升为广义相对论，建立起一种几何化的引力理论，把引力归结为物质的存在所导致的“时空弯曲”，取得很大成功。1929年，Hubble通过天文观测提出了反映星系退移速度与距离关系的哈勃定律；1937年，P.Dirac提出大数假说【2】，推测引力常数可能反比于宇宙时标，原子尺度等微观量也可能随着宇宙的膨胀而发生相应的变化。在由Brans—Dicke建立的标量—张量引力理论中，引力常数被认为是与宇宙的质量密度相关，当考虑膨胀宇宙模型时，理论上预言了引力常数随时间减小。进而有多种不同的实验，探讨引力常数的变化规律【3】【4】。1965年，K.L.Stanjukovich从Einstein引力场方程出发并类比给出本底引力子，其能量约为 10^{-51} 焦耳，还推断哈勃常数 H_0 即是本底引力子频率【5】。1975年，S.Malin把宇宙膨胀与物质静质量变化联系起来，指出随着宇宙的膨胀，静质量约按10-10/年的比率而减少【1】。对于宇宙的膨胀，现在大都倾向于宇宙大爆炸理论的解释，并认为引力起着减缓宇宙膨胀速度的作用。1998年，发现宇宙实际上在加速膨胀，令人们感到震惊和困惑，激发了对可能支持膨胀理论的寻找。目前，对宇宙加速膨胀的一种解释是假定存在着一种“暗能量”，它和引力作用相反，推动着宇宙膨胀的越来越快。天文学家发现，在遥远的宇宙空间（约50亿光年）， 1α 型超新星的红移值明显变大了。就是说宇宙在加速膨胀，宇宙膨胀不仅有爆炸发生后的余力，还有一种根本不了解的反引力存在。按照20世纪的科学理论，就必须存在着一种普通的相互作用力保持着空间结构向外扩张，这就是科学界通常所称的“暗能量”。“暗能量”会是什么呢？我有位朋友持否定态度，他怀疑这些观察有失误或作秀的嫌疑，我向他提了两个问题：一是地球和月球之间，引力的大小与距离平方严格成反比，也就是说纽康系数为零；而行星之间或地日之间，还需要增加1个纽康系数，或者说有一部分引力被反引力抵消了，这是一种什么样的反引力？既然类地行星就有，地面实验室也应该有，我给他设计了一个实验：过冷中子的反引力表达在午夜（24:00）时有1个极大值，在正午（12:00）时有1个极小值，对超流体的多普勒测速也能得到相同的结论。这些实验，有条件的人都可以重复，这是实实在在的一种反引力，您能解开这个死结吗？这是过去任何一种理论都无法解析的。

1998年以来，为解释宇宙加速膨胀运动，一些科学家又提出“暗能量”概念，认为暗能量作为一种巨大的斥力在推动宇宙加速膨胀。揭示宇宙中这两种“黑势力”之谜成为了当前宇宙学的最大一个热点。日前，美国范德比尔特大学的理论物理学家罗伯特·谢勒提出一个新模型，把这两个谜缩减为一个，即认为暗物质和暗能量只是单一一种未知力量的两个方面。6月30日一期《物理学评论通信》杂志上刊载了描述他的这一模型的一篇文章。他说：“思考这个问题的一个方式是：宇宙充塞着一种看不见的流体，这种流体会对常规物质施加压力，并改变宇宙扩张的方式。”谢勒认为，他的这一模型极其简单，并可避免先前试图把暗物质和暗能量统一起来的一些理论模型中的困难。谢勒在其理论模型中，把暗物质和暗能量统归为一种称为“标量场”的奇特能量形式。这种能量场有着严格的定义，而且性质复杂。在此，“场”是指一种具有能量和压力、遍及整个空间物理量。宇宙学家最先是利用标量场来解释宇宙大爆炸之后的暴涨过程。根据暴涨理论，宇宙在大爆炸后即经历了一个持续时间不到一秒但暴涨了几万万万亿倍的急剧膨胀过程。谢勒在其模型中引入了一个第二代标量场，称为“K-本质”。“K-本质”这一概念是由普林斯顿大学的理论物理学家保罗·斯泰恩哈德等人为解释暗能量而提出来的，但谢勒是第一个指出一种简单的“K-本质”标量场也可以用来解释暗物质的人。科学家们之所以提出“暗物质”和“暗能量”两个不同概念，原因是它们的表现不同。暗物质好像有质量并会形成巨大的团块，宇宙学家事实上计算出这些暗物质团块的引力作用在使常规物质形成星系的过程中起了关键作用。而暗能量相反地似乎是没有质量的，并均匀分布在宇宙空间，其作用与引力相反，是一种斥力，把宇宙推散开来。“K-本质”标量场能随时间而改变其行为。谢勒在研究一种非常简单的“K-本质”标量场——其中潜在的能量是固定的——时，发现这种标量场在其演化的某一个阶段时会发生团聚，导致看不见的暗物质粒子的效果，而随后在另一个阶段则会均匀分布在空间，具有暗能量一样的性质。谢勒说：“这个模型在一段时间很自然地演化成一种像是暗物质的状态，然后又进到像是暗能量的状态。当我认识到这一点时，我想，‘这看来很有启发意义，值得好好研究一下。’”于是，谢勒更详尽地检查了这个模型，发现它不会产生先前那些试图把暗物质和暗能量统一起来考虑的理论模型的困难。

1915年，Einstein发表他的广义相对论。1917年，他将广义相对论公式应用到整个宇宙，指出宇宙正在膨胀。那时，科学家们相信宇宙是静止不变的，宇宙膨胀的理论似乎是荒谬的。面对着不符合“常识”的公式，Einstein觉得唯一的选择就是引进一个附加因素，以使他的理论导出一个静止不变的宇宙。而到20世纪

20 年代晚期，天文学家发现宇宙的确在膨胀，因此 Einstein 的附加因素是不必要的。一位名叫艾伦·古思的美国年轻理论家 1981 年发表了一篇革命性的文章，认为“大一统理论”说明一种极为强大的宇宙力可能在大爆炸中出现，导致宇宙不可思议地快速膨胀。尽管古思的观点某些细节还有缺陷，但其他理论家抓住了“宇宙膨胀”这一基本观点，这主要是由于它从技术角度解决了大爆炸的一些难题。现在天文学家必须解释为什么曾经普遍的宇宙常数在大爆炸发生几个月之后就完全结束了。在 20 世纪 80 年代，霍金等人试图找出能够解释宇宙常数为何消失的论据，但没有一个人令人信服。美国获得诺贝尔奖的物理学家温伯格因此声称，宇宙常数是物理学上一个名副其实的危机。10 年后的 1998 年，这个危机被天文学家证明，宇宙常量在大爆炸后根本没有结束，而是似乎继续在宇宙中起作用。并从重力手中夺得了控制权，以前所未有的速度推动宇宙膨胀。这种力量很快被称为“暗能量”。

最早描述暗能量的理论模型是修改广义相对论，引入“宇宙常数”这个量。“宇宙常数”是 Einstein 建立静态宇宙模型时提出的一个概念，为的是和引力作用平衡，防止这样的宇宙模型在引力作用下收缩成一个点。但是，在天文学家观察到宇宙在膨胀后，Einstein 放弃了这个概念，因为他觉得这个概念已经不必要了。现在一些解释暗能量的理论模型重新引入“宇宙常数”概念，可以在很大程度上说明暗能量所导致的效应，但是这并不能解释暗物质。一种试图把暗物质和暗能量统一起来的努力是恰普雷金气体模型，这种理论模型以一位俄罗斯科学家上世纪 30 年代的工作为基础，能够先形成类似暗物质的状态随后形成类似暗能量的状态，但它不能说明星系的形成过程。今年初，哈佛大学的尼玛·哈卡尼-海默等人也提出了一种把暗物质和暗能量统一起来的模型，他们认为暗物质和暗能量是由一种看不见的、无所不在的流体的不同行为导致的，他们把这种流体称为“幽灵冷凝物”。这个模型和谢勒的模型有类似之处。谢勒本人承认，尽管他的模型有许多积极特征，它还是有一些缺陷。例如，它需要特别细微的“微调”才能使模型工作。谢勒本人还警告说：还需要进行更多的研究来判断该模型的表现是否和其他观察材料相一致。另外，这个模型也不能回答这样一个“巧合”问题：为什么我们生存在一个计算所得的暗物质和暗能量的密度大体相当的时期？许多科学家怀疑这是否意味着目前的时期有什么特殊之处。1970 年 Isaak 做的转动圆盘上的穆斯堡尔效应实验给出的以太风速上限只有 0.05m/s，如何解释？其实，穆斯堡尔效应实验能证明的仅仅是：以太风昼夜变化的差不大于 0.05m/s【2】

2004 年，美国空间望远镜科学研究所里斯为首的小组宣称，他们测量了哈勃空间望远镜新发现的红移值达到 1.6 的 16 个 Ia 型超新星，发现宇宙明显地是在 40~60 亿年前之间开始加速膨胀的。他们认为，这是当空间中物质密度因宇宙膨胀稀薄到一定程度时，暗能量的斥力胜过物质间的引力吸引所致。暗能量究竟是什么？一种意见认为，暗能量就是 Einstein 在用广义相对论说明宇宙时，为使宇宙模型维持静止状态而引进的宇宙常数所标志的暗能量。其主要特征是能量密度在宇宙历史的所有时期保持不变，是一个恒量；另一种意见认为，是充斥在空间中的第五要素，这种形式的暗能量不是恒定不变的，因时间和空间而异。若是前者，宇宙膨胀一直以相对平稳的方式进行，恒星、星系和星系团也一直保持在一起；若暗能量是后者，则有可能使宇宙膨胀得越来越快，以至于使恒星、行星，甚至于原子产生破裂状态。近几年来，由于微波背景辐射的细致观测，也导致了以下一些惊人的结果：a) 宇宙年龄是 137 ± 2 亿年；b) 哈勃常数是 $0.71 \pm$ 公里/秒/Mpc；c) 宇宙呈现以下结构，宇宙总质量(100%) \cong 重子+轻子(4.4%)+热暗物质($\leq 2\%$)+冷暗物质($\approx 20\%$)+暗能量(73%)，而总密度 $\Omega_0 = 1.02 \pm 0.02$ ，亦即恰好差不多等同于平直空间所要求的临界密度。由此可以推断出，我们的宇宙经历了一个先减速后加速的膨胀过程，原因就是暗能量的负引力作用和物质的引力作用综合决定宇宙的膨胀速率。

通常物质(包括暗物质)的特点是：如果状态方程由 $P = W \rho n$ 所表示，(其中 P 是压力， ρ 是密度，W 是某一常数，n 是某一数值)，那么对普通物质恒有 $W \geq 0$ ，而暗能量的状态方程却是 $W = -1$ ，意味着压力 P 是负值，而在通常的状态方程中，压力 P 是正值。过去，物质的密度越大，压力 P 越大，而现在压力 P 却“负”得越大！即我们宇宙中必定存在的一种新物质形式——暗能量，与普通物质显著不同的是：具有“负引力”，而物质具有引力。暗能量大约是宇宙总成分的 70%。在任何一个给定的空间里，暗能量的负引力作用很小。在日常生活之中不会被感觉出来，但在广漠的宇宙空间中，其作用非常强大，足以使星系和星系团分开。关于它的深入了解，将对我们了解时间、空间、物质和能量，具有关键作用。

天文学家认为，如果 50 亿光年以远的深处的 1 型超新星的光度可以作为有效的标准烛光，宇宙中就还应该存在一种与引力作用相反的斥力，表现为与引力相反的能量——暗能量。美国著名的物理学家、诺贝尔奖金获得者史蒂文·温伯格认为，宇宙常量(即暗能量)是物理学上一个名副其实的危机。天文学家按已有的知识和认识将宇宙物质的类别和份额的落阔勾画如下：物质占 35%，其中 5% 是发光和不发光的已知天体，30% 是暗物质；暗能量占 65%。李政道(T.D. Lee)把这个问题列为 21 世纪当代科技所面临的四大问题之一，

暗物质与暗能量的发现列为 2003 年十大科技发现的第一位。

参考文献:

- 1 K.L. Stanjukovich: Gravitational field and elementary particle. Moscow science publishing house,1965,208-210.
- 2 (美) J.D. 杰克逊 著《经典电动力学》(高等教育出版社 1980 年 5 月第 1 版第 46~51 页)。
- 3 Dirac P A M. The cosmological constants.Nature,1937,139:323.
- 4 Chin C W,Stothers R. Limit on the secular change of the gravitational constant based on studies of solar evolution. Phys Rev Lett,1976,36:833 - 835.
- 5 Long D R. Experimental examination of the gravitationa inverse square law.Nature,1976,260:417-418.

6、现代物理学对于暗能量实验研究综述

(一) 暗能量合作计划先行一步 成为超越爱因斯坦计划领航员

作者: 刘霞 来源: 科技日报 发布时间: 2007-9-11 9:56:20

美国国家研究委员会的最新报告声称,美国宇航局和美国能源部将把“暗能量合作计划(JDEM)”作为“超越爱因斯坦”计划的第一步来先行实施。

报告说,本来,使用空间激光干涉天线探测引力波的计划应是“超越爱因斯坦”的旗舰计划,它由美国宇航局和欧洲空间局联手进行。然而,在空间激光干涉天线被发射到太空以前,需要做大量测试,且必须等待欧洲空间局 2009 年升空的“探路者”的结果。因此,“暗能量合作计划”是目前最具技术可行性的选择。

美国宇航局的“超越爱因斯坦”计划是在 2003 年出台的,主要目的是针对爱因斯坦提出的一些最基本问题进行新的探索,研究黑洞并追溯宇宙大爆炸。它计划 2009 年上马,由两个天文学观测计划——空间激光干涉天线和“星群-X 计划”组成,包括黑洞发现者探测器及暗能量探测器等一系列探测器。黑洞发现者探测器用于更大范围地搜索太空,来寻找黑洞线索,帮助科学家为“星群-X 计划”挑选目标;暗能量探测器将通过观察超新星,使天体物理学家依靠导向目标,追踪暗能量的属性。在国会和科技政策办公室支持下,美国宇航局和美国能源部要求该委员会对这 5 个项目进行评估,推荐一个“领头羊”。

美国加州大学环境和可持续发展研究专家查尔斯·科勒说:“超越爱因斯坦”计划可能改变我们对宇宙的理解。‘暗能量合作计划’可以直达计划的核心,最具有技术可行性。同时与其它任务相比,并不需要很大的技术改进。”

研究人员最感兴趣的是宇宙扩展的速度是否随时间而改变。迄今为止,在该领域,科学家已开始研究超新星加速探测器、暗物质太空望远镜和高级暗物质物理望远镜。“暗能量合作计划”可能建立在其中一个或几个的基础上。

2004 年 1 月,布什总统宣布,美国宇航局将集中精力在机器人和对月球、火星的探索上,“超越爱因斯坦”计划因为与这一目标不吻合而被搁置。2004 年 8 月,美国宇航局和欧洲空间局达成协议,双方将联手完成“超越爱因斯坦”计划,总投入高达 10 亿美元。但是,由于目前的技术还需要较大改进,因而造成了成本大幅超额,致使计划再次搁浅。

(二) 2011 年 10 月 4 日,瑞典皇家科学院宣布,将 2011 年诺贝尔物理学奖授予索尔·珀尔马特、布莱恩·施密特和亚当·里斯三位科学家。

“过去认为在万有引力的作用下,宇宙是在减速膨胀。而他们的发现颠覆了这一观点,并且证明了暗能量的存在。”在接受《科学时报》采访时,中科院院士、天体物理学家陈建生说,为此,世界各国开始着手暗能量的理论和观测研究,我国也相继启动了“973”项目等相关研究和大型光学望远镜的建设。

虽然目前仍不清楚暗能量的物理本质,但对该问题的研究,陈建生认为“很可能是未来基础物理学发展的突破口”。

暗能量的发现

2006 年,邵逸夫天文奖曾颁发给同样的三位科学家及其发现。担任该奖评审委员会主席的陈建生认为,宇宙的加速膨胀是一个惊人的重大发现,获得诺贝尔奖也在意料之中。

“这项研究已成为科学前沿问题,各国都非常关注,是一个可以跟爱因斯坦相对论相比拟的新领域。”中科院院士、中科院理论物理所所长吴岳良说。

“在地球上抛一个苹果上去,其上升的速度不可能越来越大,但在宇宙尺度上,确实是这样的现象。”中科院理论物理所研究员李淼对《科学时报》记者解释说,宇宙中存在一种具有负压强的物质形态,它可以解释天体正在以越来越快的速度远离我们,这类物质被称为暗能量。

理论物理学计算表明,如果用暗能量解释宇宙的加速膨胀,那么宇宙的 73%左右由暗能量构成,22%是

暗物质，而可通过常人直觉和经典理论描述、印证的物质只占4%多一点。

因此，2011年诺贝尔物理学奖的发现，向人类揭露了一个近96%的成分仍然未知的宇宙。

国家天文台研究员陈学雷在接受本报记者采访时说，宇宙加速膨胀的结果公布之后，仍有少数学者怀疑超新星的观测或数据分析有错误。但13年来，人们又陆续观测了几百颗超新星。“虽然还存在一些疑点，但数据经过许多天文学家反复验证，迄今并未发现大问题。”

物理学家也提出了一些假说：如果宇宙持续膨胀，那么宇宙最终将变成无比寒冷的世界。

对此，陈建生解释说，宇宙膨胀的结果是物质被稀释掉，而暗能量不稀释，到最后单位体积内的物质几乎就没有了。不过，“尽管宇宙在膨胀，但地球所在的太阳系内部并不膨胀，地球不会因为宇宙膨胀而死亡”。

“宇宙目前有137亿年的历史，如果全宇宙要变得寒冷无比，还需要四五百亿年以上。”李淼说。

(三)时间轴显示，宇宙的不断膨胀和膨胀加速与暗能量有关。

新浪科技讯 北京时间2月17日消息，据国外媒体报道，意大利都灵天文台天体物理学家最新提出的一项理论认为，普通物质与反物质之间的一种强大的排斥力或许可以用来解释暗能量这一神秘力量。不过，这一争议性理论也引起了诸多质疑。

1998年，科学家发现宇宙不仅仅正在膨胀，而且这种膨胀正在不断加速。这种完全意料之外的行为在物理学上被称为“最深刻的问题”，因为我们目前对引力的理解认为，宇宙中物质之间的相互吸引力可能会导致宇宙膨胀放慢。

在解释宇宙膨胀加速的问题时，当前主流理论认为，这主要是一种假想的排斥力的存在，即暗能量。但是，意大利都灵天文台天体物理学家马西莫-维拉塔的最新研究成果表明，暗能量产生的效果实际上应该归因于一种“反重力”，这是普通物质与反物质相互排斥产生的结果。

维拉塔表示，“通常情况下，这种排斥性归因于神秘的暗能量。但是没有人知道它是什么，也不知道它的行为方式。我们现在根据众所周知的反物质的排斥力，用一种未知的元素代替一种未知的力量。”

反物质隐藏于宇宙空洞之中？

维拉塔认为，宇宙膨胀加速的关键在于广泛分布于宇宙中的大范围空隙。这些宇宙空洞每一个都有数百万光年宽，它们内部既没有星系也没有星系团，显得异常空旷。距离我们地球最近的宇宙空洞被称为“本地空洞”，位于处女座超星系团中。

维拉塔认为，这些宇宙空洞中含有大量的反物质，这些反物质可能组成反物质星系、反物质恒星和反物质行星。所有这些反物质都不会发出现有传感器能够探测到的辐射，因此我们现在很难看得到它们。“宇宙空洞中的反物质为什么会看不到，可能有许多原因和解释，但是我们并不能确定究竟是哪一种。此外，实验室中的反物质行为完全不同，因为它已完全融入物质世界中。”

维拉塔表示，尽管我们看不到反物质的上层建筑，但是我们可以看见宇宙中观测到它们的影响，因为在星系中反物质肯定会排斥普通物质，并将普通物质推开离得越来越远。维拉塔的最新研究成果即将发表于《天体物理学与空间科学》杂志之上，这一理论将有可能解决其他的宇宙奥秘，如宇宙“迷失的反物质”问题。

根据标准物理学，宇宙大爆炸中产生的物质与反物质粒子应该数量相等。然而，可见宇宙似乎主要由普通物质所主宰。为了测定“本地空洞”中究竟含有多少反物质，维拉塔首先计算究竟需要多少反物质产生的排斥力才能强大到足以解释所谓的“本地薄片”。普通物质，包括银河系和附近其他星系的普通物质都以同样的速度运行。维拉塔解释说，“如果每一个空洞包含的反物质质量与‘本地空洞’计算出的结果相近，那么我们宇宙中拥有的反物质与普通物质应该数量相等，因此最终宇宙将是一个物质与反物质对称的宇宙。”

物质与反物质会排斥吗？

当然，维拉塔的理论是建立在一种未经验证的假设之上，即物质与反物质是相互排斥的。英国牛津大学物理学家弗兰克-克洛泽认为，“没有任何实验证据证明反物质会排斥物质。不过，欧洲粒子物理研究所正计划验证这一观点。”

事实上，欧洲粒子物理研究所物理学家德拉甘-哈杜科维奇前不久已经提出了一个独立的反重力理论来解释暗能量和暗物质问题，该理论也是建立在物质与反物质相互排斥的基础上。哈杜科维奇认为维拉塔的理论“很有趣”，但是他并不认同宇宙是一个物质与反物质对称的宇宙的假设。

哈杜科维奇表示，“主要问题是，空洞中既然有如此大量的反物质，那为何无法看到。”哈杜科维奇的理论认为，量子空间中，反物质粒子本能地突然出现和消失。“为了解释反物质的不可见性，物质与反物质对称宇宙的支持者们将被迫采用另一种假设。如果一个理论是建立于一个假设基础上，而这个假设又马上需要另一个假设来支持，这不是一个好现象。”

不过，维拉塔辩称称，其理论中的假设都是根据现有物理学中某些确定的理论提出的，根本不需要再引

入另一种假设。(彬彬)

7、现代物理学界对于暗物质与暗能量的实验探究

(一) 欧洲在天体粒子物理领域的发展战略

2008年9月29日布鲁塞尔消息，欧洲今天向全世界宣布了欧洲在天体粒子物理（Astroparticle Physics）领域的发展战略。

什么是暗物质（Dark Matter）？宇宙射线（Cosmic Ray）的起源是什么？宇宙中星体经历的剧烈过程起什么样的作用？我们是否可以探测引力波（Gravitational Wave）？物理学家们期望通过这七类大型天体粒子物理项目找到这些问题的答案，这七类项目分别是：

1. CTA：用来探测高能宇宙伽马射线（Cosmic High-Energy Gamma Ray）的大型契伦科夫望远镜阵列（Array of Cherenkov Telescope）；
2. KM3NeT：放置在地中海中的一个千米见方的中微子望远镜（Neutrino Telescope）；
3. 搜索暗物质的吨级探测器；
4. 测定中微子质量和基本性质的吨级探测器；
5. 研究中子衰变（Proton Decay）、中微子天体物理（Neutrino Astrophysics）以及探测中微子性质的百万吨级探测器；
6. 探测带电宇宙射线的探测器阵列；
7. 第三代地下引力波探测器（Gravitational Antenna）。

来自德国电子同步加速器实验室（DESY: Deutsches Elektronen Synchrotron）的 Christian Spiering 是路线图委员会（Roadmap Committee）的主席，他说：“新的激动人心的发现就在我们前面；在下一个十年中能否引领潮流取决于我们现在做出什么样的决定”。在花了两年的时间规划战略路线图之后，《欧洲天体粒子物理战略》（The European Strategy for Astroparticle Physics）的发表标志着欧洲在这个领域日趋国际化的探索过程中为谋求领导地位跨出了重要的一步。

从海底到地下、再到无垠沙漠以及外太空的实验室，天体粒子物理实验接受了激动人心的挑战。这个领域是粒子物理（Particle Physics）、宇宙学（Cosmology）和天体物理（Astrophysics）的交叉学科，它的目标是探测难以捉摸的粒子，探索宇宙最深层次的奥秘，是一个非常有望取得重大进展的领域。

为了确保欧洲各国在天体粒子物理学研究方面能够相互协调，来自十三个国家的研究机构加入了欧洲天体粒子物理研究网（ASPERA: AstroParticle ERA-Net），这是一个由欧洲委员会（European Commission）资助的欧洲研究网（ERA-Net: European Research Area Net）。经过欧洲天体粒子物理研究网的努力，欧洲国家第一次有一个共同的平台一起参与项目，并分享他们在天体粒子物理方面的成果。

这个雄心勃勃的计划将联合欧洲国家一起开启一扇探索宇宙的窗口，并于 2012 年启动像 CTA 和 KM3NeT 这样一批最为先进的项目，这是非常激动人心的。这个项目的全部预算达到数十亿，为了实现这个目标需要从现在开始就逐年增加对于天体粒子物理的投入，并在十年之后达到百分之五十的增幅。

欧洲天体粒子物理研究网的协调员 Stavros Katsanevas 教授说：“要按时地实现这个七大项目是一个很大的挑战，但是我们非常自信，这些项目不会像电影里发生的那样被突然砍掉，因为欧洲的研究机构都非常支持这几个优先发展的项目，在其它几个洲也是同样的情况。”

这就是为什么欧洲天体粒子物理研究网将于 2008 年 9 月 29 日和 30 日欢迎来自欧洲之外的全世界 200 位科学家以及基金会的官员，以谋求国际合作。欧洲的天体粒子物理学家们重申了他们支持致力于探索暗能量（Dark Energy）现象的地面和空间计划。他们还呼吁建立一个地下实验室之间的合作网、以及天体粒子物理领域中进行技术创新。此外他们还表示希望能建立欧洲天体粒子物理理论中心（European Centre for Astroparticle Physics Theory）。

(二) 我科学家挑战现代物理学“两朵乌云”——国家“973”计划项目“暗物质、暗能量的理论研究及实验预研”启动

暗物质和暗能量被称为 21 世纪现代物理学和天文学晴朗天空中的“两朵乌云”，揭开暗物质、暗能量之谜，将是人类认识宇宙的又一次重大飞跃，可能导致一场新的物理学革命。3 月 18 日，国家“973”计划项目“暗物质、暗能量的理论研究及实验预研”在京启动。这标志着中国科学家将向揭开“两朵乌云”之谜发起挑战。

“随着越来越多和越来越精确的宇宙学数据的获得，暗物质、暗能量存在的证据变得越来越清楚。而伴随着一系列更高精度的天文学观测实验的实施，预示着宇宙学研究的黄金时代已经开启。”项目首席科学家、中科院院士、中科院理论物理所所长吴岳良说。

上世纪 30 年代，美国加州理工学院从事天体物理研究的瑞士籍科学家弗里兹·兹威基研究了星系团内星

系的运动。星系团中的星系因被自身引力束缚，运动速度与引力必须达成平衡才不致出轨。而兹威基发现，星系团内星系远远不足以产生如此大的引力，一定还存在人类看不见的其他物质，并首次提出暗物质存在的可能性。暗物质存在的直观证据是引力透镜现象。当遥远星系发出的光途经某个星系团附近时，光线就会因星系团引力偏折，这时的星系团就好似一个透镜，朝这个方向望去就会看到巨大的光弧甚至同一个星系的几个不同镜像。

“现代宇宙学认为，整个宇宙中物质占 27%左右，暗能量占 73%左右。而在这 27%的物质中，暗物质占 90%，夸克物质占 10%。”吴岳良解释说，所有已知物质都是由基本粒子组成，夸克物质也就是现今为止人类能解释其基本粒子构成的所有物质。但暗物质是由什么组成的仍然是个谜，甚至对于暗物质粒子的质量是多大，仍在几十个数量级上无法确定。

19 世纪末物理学晴朗天空中的“两朵乌云”：迈克尔逊—莫雷实验和黑体辐射实验给物理学界带来了革命性变革，促使“新理论”——“量子论”和“相对论”的发现，极大地推进了人类对物质世界的认识。

吴岳良认为，理解暗物质和暗能量问题同样需要发展和建立新的理论，一旦取得突破，将带来一场重大的物理学和天文学革命。根据爱因斯坦引力理论和目前关于宇宙加速膨胀的天文观测，暗物质、暗能量与宇宙将来的演化密切相关，通过暗物质、暗能量的研究，人类对物质、时空和宇宙的起源等基本问题将会有更深的认识。

为此，2009 年，科技部批准“暗物质、暗能量的理论研究和实验预研”项目，中科院多个研究所、上海交通大学、中国原子能科学院等多家科研单位参与其中。

吴岳良介绍说，目前，我国科学家对暗物质和暗能量的研究，无论在理论模型和方法，还是实验探测和技术方面都已迈出了重要的一步。

在实验方面，中科院紫金山天文台利用先进薄电离量能器（ATIC）探测器发现高能电子能谱的“超”，可能与暗物质湮灭有关，结果发表在 2008 年 11 月 20 日的英国《自然》杂志上，并入选美国物理协会和欧洲物理协会各自评选的 2008 年度世界物理学领域重大研究进展；中科院高能物理所多位实验物理学家参与了意大利 DAMA 实验组对暗物质的长期探测，报道了有关暗物质粒子的可能信号；上海交通大学在暗物质直接探测的 XENON 探测技术方面已有基础；清华大学在低本底、低能量阈高纯锗探测器方面开展了长期研究。

在理论方面，中科院理论物理所、中科院高能物理所、中科院国家天文台、北京大学、清华大学、中国科技大学、复旦大学等单位的研究人员提出了解释暗物质和暗能量的理论模型和机制，做出了具有国际影响的工作。

“很多方面已有了长期的工作积累和研究结果。我国已具备了开展这方面理论研究和实验探测的基础以及实验所需的合适条件。”吴岳良说。

与此同时，我国科技领域已有的一些重要进展也为破解这一世界重大难题提供了必要条件。例如，我国现有的卫星平台完全能满足暗物质空间探测要求。

据了解，目前清华大学和二滩水电站合作，正在建设全世界最大埋深的暗物质地下探测实验室——四川省锦屏山地下实验室，埋深达 2500 米（水当量埋深达 6000 多米），预计年内可完工。

此外，我国科学家已经登上南极冰穹 A（Dome A），而南极冰穹 A 有可能成为世界上条件最好的开展暗能量和暗物质研究的地面观测站址之一，因为这一地点具有最佳视宁度、最佳大气透明度、最长的连续观测时间等有利条件。

据吴岳良介绍，该“973”计划项目课题设置为 5 个，分别是暗物质的理论研究及相关新物理唯象、暗物质的空间探测实验研究、暗物质的地下探测的前沿技术预研、暗物质吨级液氙探测器的预研和暗能量的理论研究及地面探测方案研究。

该项目的总体学术思路是：发挥理论先行和实验预研的作用，强调理论研究与实验探测设计相结合和多学科交叉融合的优势，从地下、地面到空间多种手段互为补充，构成有机整体，为开展对暗物质的间接和直接探测提供可靠的物理依据和可行的实验设计及有效的探测方案，推进我国空间卫星的天体粒子物理实验平台、四川锦屏山国家深部地下实验室，南极冰穹国家地面天文望远镜观测实验基地的建设。

“项目集中了国内在暗物质和暗能量领域的主要优势单位，组成了一个跨学科的研究队伍。”吴岳良说，研究队伍有开展暗物质和暗能量理论研究需要具备的坚实理论基础，包括粒子物理理论、引力理论、大统一理论（如超弦理论）等基本理论；有加速器、探测器建造和相关技术及国际合作的丰富经验；有长期相关实验组的研究并取得重要成果，积累了丰富的经验。

诺贝尔奖获得者李政道曾说：“了解暗物质和暗能量，是人类向 21 世纪科学史的大挑战。”据了解，美

国和欧洲已分别于 2006 年和 2008 年开展了暗物质、暗能量的研究计划。

“暗物质研究的发展趋势，必将从天文观测转向对暗物质粒子性质的实验探测。从现在开始 10 至 20 年将是暗物质探测最重要和关键的时期。在暗物质、暗能量国际重大前沿研究领域，我国科学家应该有所作为。”吴岳良说，“希望我国科学家齐心协力、优势互补、通力合作、努力拼搏，经过项目 5 年的支持，获得跨越式发展。”

(本文来自科学网)

柯什纳将这看成是一个挑战。他说：“这并不意味着我们的理论中存在着任何瑕疵。我们也并不会因此而失望，相反，我们深受鼓舞。”

8、现代物理学对于暗物质、暗能量的质疑

中国科技大学物理学教授李淼说过：“有多少个暗能量的学者，就能想像出多少种暗能量”

据新华社电通过对遥远星系团发出的 X 射线进行观测和分析，欧洲航天局科学家最近得出了与暗能量理论不符的结果。不过专家指出，新结果是否意味着人们一直探讨的宇宙暗能量“或许并不存在”，仍需更多的观测研究来证明。Einstein 的广义相对论做出过暗能量的假设。据推测，不可见的暗能量可能占据了宇宙质量的大部分，能够产生与引力相反的排斥力，这也许可以解释为什么宇宙会出现加速膨胀现象。关于暗能量理论目前仍有争论。一些科学家认为，要验证暗能量是否存在，办法之一是比较各星系团中炽热气体的比例。星系团由成百上千个星系组合而成，其半径达数百万光年。星系团的特点之一是其中有大量炽热气体，温度在 1000 万到 1 亿摄氏度之间。欧洲航天局的 XMM 牛顿天文望远镜最近捕捉到了古老的遥远星系团发出的 X 射线。科学家对此进行分析后得出了这些古老星系团中炽热气体所占的比例。他们将这些数据与距地球最近也就是最年轻的星系团中炽热气体所占比例进行了比较，结果发现二者没有差别。科学家称，新获得的观测结果表明，炽热气体比例在古老星系团和年轻星系团中都是一样的。他们认为，只有假设宇宙中没有暗能量才能解释这一现象。

1981 年，伊丽莎·A·劳舍尔博士解决了纯粹想象时—空中的麦克斯维尔公式。该结果表明该解决方案是全 solitons 的（非弥散波；海浪是这样的例子）。在超球面中，一个复杂的（具有涉及-1 平方根）超球面是允许的，因为它能够解释粒子对称性的根源（复杂球面的振动造成了它）。数年前在 AAAS 会议上我了解到，如果电磁 soliton 能够发射到宇宙空间中，它将破坏其对称性并造成物质。黑格斯（Higgs）粒子破坏对称性而创造夸克（quarks）。一个电磁 soliton 将破坏对称性；因此，看来我们具有描述在想象中的超球面中如何通过扰乱创造物质的数学工具。此外，是否可能由于想象中的（相）宇宙的超球面的振动造成了重力本身？

中国科学院资深院士沈致远说过：“我有一种预感，但也不敢肯定，就是天文学的两暗与以前的两云很相像，很可能最后出来的东西不是暗能量。所以，两暗的问题很有挑战性。”美国著名物理学家斯莫林最近写了一本新书《物理学的困惑》（中译本），他对弦论、暗物质和暗能量理论所持的批判态度，以及物理学需要第二个爱因斯坦的呼吁，是令人深思的。早在 1943 年英国物理学家阿瑟·米恩已经证明，利用牛顿引力理论可以很简单地导出弗里德曼方程，而弗里德曼方程就是现代标准宇宙学的基本方程。参考俞允强先生的《大爆炸宇宙学》第 16 页。现有宇宙学中许多结果，包括暗物质和暗能量的推论，以及宇宙学中所有的奇谈怪论，都是在弗里德曼方程基础上导出的。罗伯逊-沃克度规导致膨胀宇宙中天体发出光的运动速度满足伽利略相加规则，违背光速与光源运动状态无关这一现代物理学基本规则，破坏光速不变原理。因此罗伯逊-沃克度规描述的实际上是牛顿力学意义上的时空结构，不是现代物理学相对论意义上的时空结构。其次是用静态能量动量张量。然而地球观察者与膨胀宇宙的物质之间存在相对运动速度，描述膨胀宇宙必须采用动态能量动量张量，不应当用静态的能量动量张量。如果采用满足相对论光速不变的度规和动态能量动量张量，在爱因斯坦引力场方程基础上就得不到现有的弗里德曼方程。

附录 1：英国最新研究称暗物质和暗能量或不存在

2010-06-18 10:10:57 来源：网易探索

英国天文学家的最新研究却发现，据以确定宇宙物质组成的标准宇宙模型可能是错误的，暗物质和暗能量也许根本就不存在。网易探索 6 月 18 日报道 神秘的暗物质和暗能量的确切性质，一直是天文学界争论的焦点。然而英国天文学家的最新研究却发现，据以确定宇宙物质组成的标准宇宙模型可能是错误的，暗物质和暗能量也许根本就不存在。自上个世纪 60 年代宇宙微波背景辐射被发现后，作为“大爆炸”的遗迹，其被众多天文学家作为构建标准宇宙模型的基础，而关于宇宙物质构成的确认也主要依据宇宙微波背景辐射图谱的分析。2001 年 6 月，美国宇航局(NASA)发射了威尔金森微波各向异性探测器(WMAP)，该探测器在宇宙学参量的测量上提供了许多比早先仪器更准确的数值，依据它提供的数据，宇宙是在不断加速膨胀的。科学

家据此提出是暗能量、暗物质的存在导致了宇宙的加速膨胀。认定宇宙是由 4%的“正常”物质，如行星、恒星、小行星和气体等、22%的既不辐射也不吸收光线的暗物质和 74%的暗能量组成。而英国达勒姆大学的汤姆·尚克斯教授和他的学生尤坦恩·萨万维特在向英国皇家天文学会提交的最新研究报告中却称，他们对 WMAP 望远镜的图像平滑方式进行了更为细致的分析，结果发现，图像的平滑处理程度远比以前认为的要大，这意味着对宇宙微波背景辐射的测量并不像过去认为的那样准确，实际的微波背景辐射起伏远比过去认为的要小得多，而目前据此建立的宇宙标准模型可能是错误的，暗物质和暗能量也许根本不存在。英国皇家天文学会的罗伯特·梅西博士称，这一发现对目前流行的宇宙假说是一个极大的挑战，如果真的如此，则意味着宇宙膨胀的速度正在减缓，并会慢慢停止。对于宇宙的产生和未来发展的认识，都需要重新审视。

尚克斯教授则表示，宇宙微波背景辐射是一个十分有用的分析工具，但还不足以用来作为判定宇宙中暗物质和暗能量存在的充分证据。“如果我们的结果是正确的，那么关于暗物质和暗能量充斥宇宙的说法就不会再有说服力。”他指出，目前的宇宙标准模型需要经过更多的检验，希望正在服役的欧洲普朗克卫星会收集更多的宇宙微波背景数据，并提供更多关键信息以助科学家解答关于宇宙的一系列基础问题。

来源：科技日报

附录 2:【英国《自然》：迄今同类研究中最广泛且最全面的未能搜寻到暗物质】据英国《自然》杂志网站 4 月 19 日报道，在迄今最大型的同类调查中，在太阳系周围彻底搜寻暗物质踪迹的宇宙学家们空手而归。科学家们认为，最新研究将颠覆传统的暗物质理论。

暗物质是一种假定中的不可见物质，据信其占据了宇宙总物质的 80%。宇宙理论学家们认为，暗物质是宇宙中的隐形支架，其揭示了结构如何在宇宙中出现，解释了星系如何形成以及快速旋转的银河系为何没有分崩离析。

在最新研究中，智利康塞普松大学的克里斯蒂安·莫尼-比丁和同事使用欧洲南方天文台（ESO）2.2 米的望远镜和其他三台望远镜，测量了太阳系周围一个有限空间内（一个 15 度的圆锥体，最远距离地球 1.3 万光年，在银河系展平圆盘的下方，为以前观察区域的四倍多）的 400 多颗恒星的运行图，原本预期能发现绕着太阳旋转的暗物质存在的证据，结果一无所获。

莫尼-比丁说：“我们得到的太阳周围区域恒星、尘埃与气体的总质量和观测到的结果非常吻合。但我们期待的暗物质却并没有现身，结果表明，那儿最多只存在理论预测的十分之一的暗物质。”如果暗物质的密度如此之低，那么，旨在直接探测暗物质粒子的巨大实验“注定会以失败告终”。

该文章目前已被美国《天体物理学报》杂志接受。澳大利亚斯威本科技大学的天文学家克里斯·弗林评论该文章时称：“我并不会立刻将暗物质抛弃。最新测量的很多方面可能导致他们将暗物质遗漏，即使暗物质就在那里。”尽管如此，他仍然支持发表该文章。但也有研究人员对该研究方法和结论提出了质疑：普林斯顿大学高级研究所的天体物理学家斯科特·特里梅因表示，除非其他研究团队独立观察，得出同样令人不安的结论，才能证实该结果的正确性。

美国伦斯勒理工学院的天文学家海蒂·纽伯格强调称，最新测量由银河系平面附近的物质所支配，这一地方与银河系别处不同，可能主要由正常物质组成，这就使科学家们更难厘清这一区域可能存在哪些暗物质成分。她也怀疑“很多支持这一结论的常规假设的细节可能都是错误的”。她举例说，科学家们假设他们观测的星星群光滑地分布于该银河系平面的上下方，但如果这种分布凹凸不平，那么，计算出的暗物质的密度就是错误的。弗林也认为，莫尼-比丁团队使用的很多方法“可能都是错误的”。

莫尼-比丁表示，他并不确定暗物质是否存在，但他们的调查是迄今同类研究中最广泛且最全面的，这一令人震惊的结论必须被慎重对待。“我无法解释我们所观察到的现象。”

作者 (Author):

李学生 (Li Xuesheng), 男, 山东大学副教授, 理论物理教师, 中国管理科学院学术委员会特约研究员、北京相对论研究联谊会会员, 中国民主同盟盟员, 中国科学院高能物理所研究员。2002 年撰写的论文《数学归纳法的拓广》在《济南教育学院学报》上发表, 2004 年 8 月撰写的理论物理学论文《引力质量与电磁质量之间的关系新探》在北京相对论研究联谊会第三届年会上发表, 得到了与会专家的初步认可; 2005 年 12 月至今我撰写的论文《现代理论物理学的九个问题》、《真空不空》、《以太的发展史》在《香港新科技杂志》上发表。2007 年在《格物》上发表论文《暗物质、暗能量和宇宙常数问题》; 2007 年 12 月在《新科技》(香港)杂志上发表论文《以太的发展史》; 2002 年在《山东师范大学学报(自然科学版)》教学科研上发表《在物理教学中注意培养科学美的观念》; 多篇有关文章在学术争鸣杂志 (Academia Arena, <http://www.sciencepub.net/academia>)上发表。 xiandaiwulixue@21cn.com, 1922538071@qq.com。

主要深入理解阅读的部分文献:

1. [日] 浅野四郎 浅野诚一 著 师华译。《狭义相对论的新图示法——space-time 圆图法——》 高等教育出版社 1992 年版。
2. 《介质浮力存在的普遍性》 段灿光著 本文集。
3. 《没有太阳辐射, 大气将静止吗?》 段灿光著 本文集。
4. 《以太浮力论》 段灿光著 本文集。
5. 《再论以太浮力 —— 关于万有引力变化的讨论》 段灿光著 本文集。
6. Baidu. <http://www.baidu.com>. 2016.
7. Google. <http://www.google.com>. 2016.
8. H.C. 瓦尼安, R. 鲁菲尼, 引力与时空, 科学出版社, 北京, 2006, pp150-153.
9. Ma H, Cherng S. Nature of Life. Life Science Journal 2005;2(1):7 - 15.
10. Ma H. The Nature of Time and Space. Nature and science 2003;1(1):1-11. Nature and science 2007;5(1):81-96.
11. National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>. 2015.
12. Wikipedia. The free encyclopedia. <http://en.wikipedia.org>. 2015.
13. 狄拉克。《现代物理学参考资料》第 3 集[C]。科学出版社,1978.38。
14. 王存臻、严春友 著。《宇宙全息统一论》山东人民出版社 1995 年版。
15. 《彗星漫谈》 徐登里编著 32K、P107 1975 年 7 月科学出版社。
16. 《数学在天文学中的运用》 刘步林编著 32K、P316 1979 年 9 月科学出版社。
17. 《中国大百科全书·天文学》 主编: 张钰哲 1980 年 12 月中国大百科全书出版社。
18. 《哈雷彗星今昔》 张钰哲著 32K、P97 1982 年 3 月知识出版社。
19. 《天体力学浅谈》 [苏]尤·阿·里五波夫著, 李五行、陈晓中译 32K、P201 1984 年 11 月科学普及出版社。
20. 《地学基本数据手册》 主编: 张家诚, 副主编: 李文范 16K、P1377 1986 年 3 月海洋出版社。
21. 《彗星十讲》 胡中为、徐登里编著 32K、P158 1986 年 4 月科学出版社。
22. 《中国百科年鉴·1986》 1986 年 10 月中国大百科全书出版社。
23. 《简明天文学词典》 叶叔华主编 32K、P880 1986 年 12 月上海辞书出版社。
24. 《中国百科年鉴·1987》 1987 年 12 月中国大百科全书出版社。
25. 《哈雷彗星及彗星-地球关系》 天地生综合研究论文集 胡中为、阎林山 16K、P471. 1989 年 11 月中国科学技术出版社。
26. 1995 年 6 月 21 日 《中国青年报》。
27. 1997 年 12 月 19 日 《中国科学报》。
28. Einstein 著, 方在庆、韩文博、何维国 译。《Einstein 晚年文集》 海南出版社 2000 年 3 月第 1 版。

5/4/2017