

现代物理学 12 个最重大问题

Ma Hongbao^{1,*}, Yang Yan¹, Margaret Young²¹ Brookdale Hospital, Brooklyn, NY 11212, USA; ² Cambridge, MA 02138, USAma8080@gmail.com

Abstract: 科学在不断的进步, 新的发现不断。本文选出现代物理学上 12 个最重要的问题, 进行了简短的描述与讨论: 1. 量子纠缠, (quantum entanglement), 2. 宇宙命运, 3. 时间, 4. 空间, 5. 物质, 6. 反物质, 7. 暗物质, 8. 能量, 9. 暗能量, 10. 平行宇宙, 11. 熵, 12. 弦理论。

[Ma H, Yang Y, Young M. 暗物质. *Academ Arena* 2015;7(7):98-102]. (ISSN 1553-992X).

<http://www.sciencepub.net/academia>.

Keywords: 量子纠缠, (quantum entanglement); 宇宙命运; 时间; 空间; 物质; 反物质; 暗物质; 能量; 暗能量; 平行宇宙; 熵; 弦理论。

科学在不断的进步, 新的发现不断。本文选出现代物理学上 12 个最重的未解难题: 1. 量子纠缠, (quantum entanglement), 2. 宇宙命运, 3. 时间, 4. 空间, 5. 物质, 6. 反物质, 7. 暗物质, 8. 能量, 9. 暗能量, 10. 平行宇宙, 11. 熵, 12. 弦理论。

1. 量子纠缠

量子纠缠 (quantum entanglement) 是指由两个或两个以上粒子组成的系统中, 虽然粒子在空间上可能分开, 但是它们仍然相互影响的现象, 即量子关联。一旦两个粒子发生纠缠, 当一个粒子发生变化, 立即在另一个粒子中反映出来, 不管它们是在同一个房间, 还是相距万亿光年。即使这量子纠缠着的粒子相距及其遥远 (远至万亿光年), 它们似乎连在一起, 中间没有空间, 它们之间的联系即信息传输不需要时间。量子纠缠着的粒子之间的空间及粒子间信息传播的方式、时间与速度, 是现在科学最大的谜团。基本的生物化学反应、生命过程、思想思维、精神本质、灵魂存在与否等等, 及其与非生命物质的本质区别是什么? 这依然是未解之谜, 其与量子纠缠的关系, 或许是其中谜底。按照量子力学理论, 两个粒子在经过短时间耦合后, 即使粒子与粒子之间飞凯并相隔很长的距离, 单独搅扰其中任意一个粒子会影响另一个粒子的性质, 这种关联现象就是量子纠缠。光子、电子、分子及纳米粒子 (Ma, et al, 2007) 等, 都可以观察到量子纠缠现象。由两个以上粒子组成的量子系统也会发生量子纠缠。量子纠缠是一种量子力学看到的现象, 不适用经典力学。复合系统是由多于两个粒子组成的系统, 处于量子纠缠的复合系统, 其态矢量不等于各个粒子的态矢量的张量积, 而是几个不

同张量积的量子叠加。因此, 我们不能独立地描述每个粒子的量子态, 只能描述整体系统的量子态 (百度百科)。量子纠缠是量子信息处理中的一种重要的有用资源, 有许多应用, 比如量子态的隐形传送, 密集编码以及基于量子纠缠的密钥传送方案等。量子纠缠也可以用于量子态的远程制备 (RSP), 与隐形传送不同的是在非最大纠缠态的帮助下也可以进行确定性的远程态制备。量子纠缠和量子操作有着非常紧密的关系。子非定域操作能够产生纠缠态。另一方面, 量子纠缠态可以用来实现非定域的量子操作。量子操作和量子纠缠一样被看成是一种物理资源。量子纠缠网络是经典网络的量子化, 即引入量子力学的叠加性和非局域性。量子纠缠网络的主要构成包括量子节点、量子信道和飞行比特。其中飞行比特 (一般是光子) 可以处在量子纠缠态, 这是量子网络独特性质。量子纠缠态在量子信息处理, 如量子隐形传态、量子密集码、量子纠错、量子保密通信、量子计算等过程中起了十分重要的作用。2015; Ma, 2015)。

2. 宇宙命运

宇宙的命运很大程度上取决于未知值的参数: Ω ——物质和能量在整个宇宙层面上的密度的度量。如果 Ω 大于 1, 则时空会封闭在一个巨大的球体中。如果没有暗能量, 这样的宇宙会停止膨胀然后开始收缩, 最后在“大紧缩”事件中崩溃。如果宇宙是封闭的, 但暗能量真的存在——那么球形宇宙会永远膨胀。如果 Ω 小于 1, 则空间的形状将类似“开放的”抛物面。这种情况下, 它的最终命运是“大冻结”接着“大撕裂”: 宇宙向外加速, 撕裂星系和恒星, 只剩下冰冷的残骸物质。在宇宙加速度

过大时，会发生之后的事情：加速度大到原子之间的结合力无法再拘束住自己，所有的物质将会分崩离析四处抛散。如果 $\Omega=1$ ，宇宙会是平稳的，如同所有方向都无穷延伸的平面一样，没有暗能量的话这种状态会永远保持下去，不过会逐渐减速直到停滞。如果暗能量存在并能抵抗扩张的速度，宇宙最终会撕裂自己 (Ma, 2008)。

3. 时间

时间是反映物质运动持续性和次序性的一个物理量。时间的本质就是穿越空间的速度。时间是一种尺度，事件发生先后可以按过去-现在-未来之序列确定，也可以依照事件持续的期间以及事件之间间隔长短来计算。时间是除了空间三个维度以外的第四维度。一种观点认为时间是宇宙的基本结构，是一个会依序列方式出现的维度。另一种观点认为时间不是任何一种已经存在的维度，也不是任何会流动的实存物，它只是一种精神的概念，配合空间和数可以让智者对事件排先后顺序及进行比较。时间不过是人为便于思考宇宙，而对物质运动划分的概念。现在标准的时间计算是原子钟。普遍接受的物理理论认为时间是连续的，不间断的，也没有量子特性。但有一些理论将相对论与量子力学结合起来，如量子重力理论，弦理论及 M 理论等，认为时间是不连续的，有量子特性。霍金认为宇宙的时间是有一个起始点，由大爆炸开始的，在此之前的时间是毫无意义的。而物质与时空必须一起并存，没有物质存在，时间也无意义 (Ma H, Yang Y, Young M. 2015)。

相对论提出了时间和空间的相对性、四维时空、弯曲空间等新概念。经典物理学基础的经典力学，不适用于高速运动的物体和微观领域。相对论解决了高速运动问题，量子力学解决了微观亚原子条件下的问题。在某些天体的超强引力情况下，相对论的时空扭曲为奇点，这种超强引力场成了相对论的盲区，于是相对论就无法避免出现黑洞的概念与天体。光产生于物质，却在物质和真空中都能传播。例如光在玻璃中传播，光在玻璃中传播的过程中并测量不到物质粒子的运动，而只有一系列的电场及磁场的变动，不是物质变动引起的，可能是暗物质变动引起的，依靠暗物质传播。暗物质是传播辐射的载体，充满整个宇宙，所以光能在整个宇宙传播。光传播速度就是暗物质波动传播速度，暗物质波动传播速度依赖于暗物质能量传导速度，暗物质能量传导速度依赖于暗物质碰撞频率，暗物质碰撞频率依赖于暗物质粒子振动速度。暗物质能产生场，物质也能产生场，并且场与场能相互作用，所以，暗物质的运动能影响物质，物质也能影响暗物质运动。暗物质生成阶段生成的暗物质不断积累，

暗物质与暗物质之间也不断碰撞并向外扩散。随着宇宙膨胀体积增大，暗物质将越来越稀薄并逐渐冷却，宇宙膨胀速度也将再次变慢。如果按照时间静止的概念，过去、现在和将来永远存在 (Ma, 2003)。

4. 空间

空间是与时间相对的一种物质存在形式，表现为长度、宽度、高度，一般指宇宙中物质实体之外的部分。空间概念也包括数字空间、物理空间与宇宙空间等。绝对空间指其自身特性与外在物质无关，处处均匀，永不移动，永恒存在。相对空间是可以在绝对空间中运动的结构，或是对绝对空间的量度，人们通过它与物体的相对位置来感知它认识它研究它。时间和空间是事物之间的一种次序。空间描述物体的位形，时间描述事件之间的先后顺序。空间和时间的物理性质主要通过它们与物体之间存在的联系表现出来 (Ma, Young, 2015)。

按照当代的宇宙论理论，宇宙诞生之前，没有时间，没有空间，也没有物质和能量。大约 200 亿年前，在这四大皆空的“无”中，一个体积无限小的点爆炸了。时空从这一刻开始，物质和能量也由此产生，这就是宇宙创生的大爆炸。大爆炸是空间、时间、物质与能量的起源。严格的因果律观念认为宇宙中是一因一果 (马宏宝, 2008)。按照本作者的观点，当代的宇宙论理论所描述的宇宙诞生之前没有时间、没有空间也没有物质和能量的观点是错误的，知识人们不能够正式认识宇宙而产生的错误认识。宇宙是所有的客观存在。宇宙诞生之前的所有还是宇宙。所以，宇宙的诞生本身就是一个伪命题，是一个没有意义的命题。宇宙永远存在，没有诞生，也没有结束。诞生前还是宇宙，毁灭后也还是宇宙。空间与时间也是与永恒的宇宙同时永恒的存在 (Ma, 2003)。数学上，空间是指一种具有特殊性质及一些额外结构的集合，但不存在单称为空间的数学对象。

5. 物质

什么是物质？物质为什么存在？人们假设，宇宙中的物质和反物质对称相抵，而且在宇宙大爆炸的那一刻物质和反物质一起被生产出来了。但是如果这样的话，两者不会存活到现在：在那时质子和反质子就会互相湮灭，电子和正电子彼此抵消，中子和反中子也这样。

物质不依赖于意识而又能为人的意识所反映的客观实在。运动是物质的根本属性，时间和空间则是运动着的物质的存在形式。自然界和社会的一切形象，都是运动着的物质的存在形式。由同一种分子组成的物的最小单位简而言之，就是组成各种形态，生命，乃至宇宙的基本元素。实物粒子和

场统称物质或者有能量（质量）的统称物质。物质的本源是单位空间的运动，也可以说是量子的运动，因为我们知道任何物质的运动都会增加质量，速度接近光速会越来越明显，比如电子的自旋，在一定小空间的运动形成了质量， $E=mc^2$ ， $m=E/c^2$ ，质量也就是物质了，任何物质都是运动的光子（量子）组成的，而静止的光子是没有质量的，质量和能量的转换公式为 $E=mc^2$ ，所以反过来思考，物质的本源就是没有质量的空间（量子）接近光速的运动，而把物质完全转化为能量的是正反物质的湮灭，所以任何物质都不是实体，只要条件合适，都可以穿越，之所以有支持力等等，都是空间之间的电磁场的排斥，光子照在形成物质的空间上也会反射，就看见了物体，手触摸的时候，手的粒子和物体的粒子场力相互排斥，不然手就会穿过物体，所以任何物质都是虚无的，只是空间在相互作用（电磁力万有引力等等）大质量的物质万有引力场越发明显，小质量比如夸克质子只在原子核层面形成效应，所以物质也是一种波，可以互相穿过。世界是由物质构成的，物质通常是有结构的，但是物质结构在层次上是否具有基本单元，即德谟克利特式的“原子”是否存在？这是一个长期反复争论而又常新的课题。当代几种不同的量子引力，尽管对某些问题存在着不同的见解，但是关于这个问题从实质上来看，却给出了一致肯定的回答。超弦/M 理论和圈量子引力是异曲同工的，都认为尺度为普朗克长度（ 10^{-33} 厘米）的小圈是物质和空间微观结构基本单元。普朗克长度是由引力常数、光速和普朗克常数决定的，它大致等于 10 的 -33 次方厘米，是一个质子大小的 10 的 20 次方分之一。超弦/M 理论认为，构成我们世界的物质微观基本单元是具有广延性的弦和 brane（膜），并非所谓的只有位置没有大小的数学抽象点粒子。粒子物理学标准模型中的粒子，都是弦或 brane（膜）的激发。弦和 brane（膜）的线度是有限短的普朗克长度，它们正是构成我们世界的物质基本单元，即德谟克利特式的“原子”，这是超弦/M 理论为现今所有粒子提供的本体性统一。圈量子引力给出了在普朗克标度面积和体积的量子化性质，即断续的本征值谱，面积和体积分别存在着最小值。由于在圈量子引力中，脱离引力场的背景空间是不存在的，而引力场是物质的一种形态，因此脱离物质的纯粹空间也就是不存在的。空间体积和面积的不连续性和基本单元的存在，正是物质微观结构的断续性和基本单元的存在性的最有力论据。超弦/M 理论和圈量子引力从不同的侧面，对量子引力的本质和规律作出了一定的揭示，它们在普朗克长度（ 10^{-33} 厘米）领域一致地得出了空间量子化和物质微观结构基本单元存

在的结论。没有无物质的空间和时间，也没有无空间和时间

6. 反物质

反物质是一种假想的物质形式，在粒子物理学里，反物质是反粒子概念的延伸，反物质是由反粒子构成的，如同普通物质是由普通粒子所构成的。物质与反物质的结合，会如同粒子与反粒子结合一般，导致两者湮灭，且因而释放出高能光子或伽玛射线。1932 年由美国物理学家卡尔·安德森在实验中证实了正电子的存在。随后又发现了负质子和自旋方向相反的反中子。

如果相信宇宙中有等量的物质和反物质，那么在三千万光年之外应有大范围的反星系区存在。在那里，原始的宇宙射线应是由反质子和反 α 粒子组成的。那里的部分宇宙射线粒子会飞进我们这个由正物质构成的区域。由于星系际大部分地方很空旷，气体的密度约只有每立方米一个质子的质量。因此反原子核可自由地飞行很长的距离。这样，放置在地球大气层之外的磁谱仪就能接收到它。这就是阿尔法磁谱仪计划的基本想法。正电子、负质子都是反粒子，它们跟通常所说的电子、质子相比较，电量相等但电性相反。科学家设想在宇宙中可能存在完全由反粒子构成的物质，也就是反物质。电子和反电子的质量相同，但有相反的电荷。质子与反质子也是这样。那么中子与反中子的性质有什么差别？其实粒子实验已证实，粒子与反粒子不仅电荷相反，其他一切可以相反的性质也都相反。这里我们讨论一下重子数的概念。质子与中子被统称为核子。人们从核现象的研究发现，质子能转化为中子，中子也能转化为质子，但在转化前后，系统的总核子数是不变的。例如：在发生 β 衰变时，放出正电子的称为“正 β 衰变”，放出电子的称为“负 β 衰变”。在正 β 衰变中，核内的一个质子转变成中子，同时释放一个正电子和一个中微子；在负 β 衰变中，核内的一个中子转变为质子，同时释放一个电子和一个反中微子。此外电子俘获也是 β 衰变的一种，称为电子俘获 β 衰变。

7. 暗物质

暗物质 (Dark Matter) 是一种比电子和光子更小的物质，不带电荷，不与电子发生干扰，能够穿越电磁波和引力场。暗物质的密度小，数量大，充满整个宇宙，因此它的总质量很大，占据了宇宙中 90% 以上的物质含量。1932 年，暗物质作为理论的产物被提出，现在我们知道暗物质是宇宙物理存在的组成部分，主导了宇宙结构的形成。暗物质无法直接观测到，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。暗物质的本质还不得而知。有一种可能，人类灵魂存在于暗物质粒

子。灵魂的粒子在处于可见性时我们定性为常态宇宙物质，处于非可见性时把它定性为宇宙暗物质。宇宙中 84% 的物质不吸收也不发射光线。暗物质无法直接观测，也没法间接探测到。暗物质的存在是从可见物质的重力效应、辐射和宇宙结构理论中推导出来的。暗物质理论上遍布整个星系，而且应该是弱相互作用的组成部分。世界上已经有几个寻找 WIMP 的探测器，不过目前还没成功探测出来 (Ma and Yang, 2015)。

8. 能量

能量是物质运动的量化转换。世界万物是不断运动着的，在物质的一切属性中，运动是最基本的属性，其他属性都是运动属性的具体表现。空间属性是物质运动的广延性体现；时间属性是物质运动的持续性体现；引力属性是物质在运动过程由于质量分布不均所引起的相互作用的体现；电磁属性是带电粒子在运动和变化过程中的外部表现，等等。物质的运动形式多种多样，每一个具体的物质运动形式存在相应的能量形式。宏观物体的机械运动对应的能量形式是动能；分子运动对应的能量形式是热能；原子运动对应的能量形式是化学能；带电粒子的定向运动对应的能量形式是电能；光子运动对应的能量形式是光能，等等。除了这些，还有风能、潮汐能等。当运动形式相同时，物体的运动特性可以采用某些物理量或化学量来描述。物体的机械运动可以用速度、加速度、动量等物理量来描述；电流可以用电流强度、电压、功率等物理量来描述。但是，如果运动形式不相同，物质的运动特性唯一可以相互描述和比较的物理量就是能量，能量是一切运动着的物质的共同特性。

9. 暗能量

暗能量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。因为暗能量，我们的宇宙之外可能有很多的宇宙，我们的宇宙在加速地膨胀且核能也许可以和宇宙中的暗能量相变相连。虽然重力在时空中向内聚(pulling inward)，宇宙的构造却不断向外延伸——越来越快地向外膨胀。为了解释这一点，天文学家提出了一个看不见的介质通过推开时空来抵消掉重力的影响 - 暗能量。在大多广为接受的暗能量模型中，暗能量是一个宇宙常数，一个空间的固有属性，拥有负压力来把宇宙空间拉开。当空间膨胀时，更多地方被腾出来，然后暗能量随之而入。基于观测到的扩展速度，人们认为暗能量总和组成了宇宙 70% 以上的部分 (Ma and Yang, 2015)。

10. 平行宇宙

天体物理数据表明时空并非弯曲，而可能是平的，因此它会延伸下去。如果是这样，我们能够观测到的宇宙只是一个无限大的绗缝多元宇宙 (quilted multiverse) 中的一块补丁罢了。与此同时，量子力学的法则也推定：每个宇宙块的粒子排列配置拥有可能性上限，所以，相对于无限的补丁式宇宙，会有一些微粒排列重复的宇宙——而且有无限个这样雷同的平行宇宙(里面有完全相同的你我)，也会有只差了一个粒子位置不一样的宇宙，和差了二个粒子的宇宙。假如正确，我们如何证实平行宇宙的存在？

11. 熵

时间不断向前流逝，因为宇宙的熵 (即它的混乱度) 只会增加，并且我们没法扭转这一增加的过程。“熵总是增加”的这一事实涉及这样的逻辑：混乱的物质排列总是比有规则的排列普遍，而且当你改变事物时，它往往会陷入混乱无序。但是，为什么过去的熵如此之低？

在经典热力学中，可用增量定义为

$$dS = \left(\frac{dQ}{T} \right)_{\text{可逆}}$$

式中 T 为物质的热力学温度；dQ 为熵增过程中加入物质的热量，下标“可逆”表示加热过程所引起的变化过程是可逆的。若过程是不可逆的，则 $dS > (dQ/T)_{\text{不可逆}}$ 。单位质量物质的熵称为比熵，记为 S。熵最初是根据热力学第二定律引出的一个反映自发过程不可逆性的物质状态参量。热力学第二定律是根据大量观察结果总结出来的规律，有下述表述方式：①热量总是从高温物体传到低温物体，不可能作相反的传递而不引起其他的变化；②功可以全部转化为热，但任何热机不能全部地，连续不断地把所接受的热量转变为功 (即无法制造第二类永动机)；③在孤立系统中，实际发生过程，总使整个系统的熵值增大，此即熵增原理。摩擦使一部分机械能不可逆地转变为热，使熵增加。热量 dQ 由高温 (T_1) 物体传至低温 (T_2) 物体，高温物体的熵减少 $dS_1 = dQ/T_1$ ，低温物体的熵增加 $dS_2 = dQ/T_2$ ，把两个物体合起来当成一个系统来看，熵的变化是 $dS = dS_2 - dS_1 > 0$ ，即熵是增加的。

12. 弦理论

物理学家假定所有的基本粒子实际上都是一维的循环(loop)，或者说“串”(string)。每一个粒子都在不同的频率上振动，这样物理解释起来就容易多了。弦理论让物理学家调和了粒子世界的基本法则，并且使用“广义相对论”这一时空理论，来把

自然界的四种基本粒子统一到单一的理论框架中。但问题是，弦理论在 11 或 10 维宇宙中才起效，比如：具有三个普通空间、六七个压缩空间 (compacted spatial) 以及一个时间维度——就像一根振动的琴弦一样——组成的世界。这种空间的尺度大概是一个原子核大小的一万亿分之一到十亿分之一那样的数量级，目前根本没有方法来检测，所以弦理论的正确性不得而知。

References

1. Hongbao Ma. The nature of time and space. *Nature and Science* 2003;1(1):1-11. <http://www.sciencepub.net/nature>.
2. http://mp.weixin.qq.com/s?_biz=MzA5ODQ0MTMzMw==&mid=207573987&idx=3&sn=e900eb72a3e9d30971bd91713d4002f5&scene=5#rd.
3. Ma H, Yang Y, Young M. **时间的本质**. *Academ Arena* 2015;7(2):84-86. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>.
4. Ma H, Yang Y, Young M. **暗物质**. *Academ Arena* 2015;7(2):51-54. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>.
5. Ma H, Young M. **空间**. *Academ Arena* 2015;7(3):75-78. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>.
6. Ma H, Young M. **量子纠缠 (quantum entanglement)**. *Academ Arena* 2015;7(2):46-50. (ISSN 1553-992X). <http://www.sciencepub.net/academia>.
7. Wikipedia. 量子纠缠. <http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E9%87%8F%E5%AD%90%E7%BA%A0%E7%BC%A0>. 2015.
8. 叶明勇, 张永生, 郭光灿. 量子纠缠和量子操作. *中国科学 G 辑: 物理学 力学 天文学* 2007 年 第 37 卷 第 6 期: 716-722.
9. 百度百科. 量子纠缠. <http://baike.baidu.com/view/95051.htm>. 2015.
10. 马宏宝. 宇宙永恒吗? *New York Science Journal*. 2008;1(3):66-69. ISSN 1554-0200. http://www.sciencepub.net/newyork/0103/07_0026_mahongbao_universe.pdf.
11. 马宏宝. 论因果论与决定论. *New York Science Journal*. 2008;1(4):57-63. ISSN 1554-0200. <http://www.sciencepub.net/newyork>.

7/25/2015