

方励之著

哲学是物理学的工具

湖南科学技术出版社

哲学是物理学的工具

方励之 著

责任编辑：李永平

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1988年2月第1版第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：5.375 插页：(精)4 字数：140,000

印数：(精)1—5,000 (平)1—16,000

(精装) ISBN 7—5357—0352—6
B·2 定价：3.50元

(平装) ISBN 7—5357—0355—0
B·3 定价：1.95元

目 录

哲学和物理（代序）	（ 1 ）
现代宇宙学及其哲学问题	（ 7 ）
围绕着现代宇宙学的一场科学与假 科学的论争	（ 19 ）
从天体物理的发展看理论研究的作用	（ 32 ）
引力波理论获得第一个定量检验	（ 36 ）
天文学研究方法的特点	（ 40 ）
宇宙学上光辉的一笔	（ 50 ）
一顶帽子、一块禁地、一个问题	（ 59 ）
写在“赞美我主”之后的午夜	（ 62 ）
理论物理学的前景	（ 66 ）
现代宇宙学的基本概念的发展	（ 74 ）
从“万物原于水”到“时空是物质存 在的形式”	（ 91 ）
给中国自然辩证法研究会的一封信	（ 95 ）
由芝诺佯谬所想起的	（ 97 ）

宇宙的结构·····	(100)
从不存在中认知存在·····	(107)
宇宙始于无·····	(113)
时间的崇拜·····	(116)
“第一推动”今昔谈·····	(119)
象杞人那样忧天吧·····	(130)
时空拓扑——宇宙创生期的遗迹·····	(134)
哲学是物理的工具·····	(143)
“道生一”的物理解·····	(146)
从原子坍缩到宇宙坍缩——尼耳斯·玻尔与天体物理·····	(160)

哲学和物理（代序）

常常有人问：“你们从事物理学教学和
和研究的人，对哲学有什么看法？”

一言难尽。

应当说，学物理的人，对哲学大都有不同程度的兴趣。事实上，物理本身就是自然哲学，教过书的人可能都有这样的体会：在讲课中间穿插几句方法论、认识论的哲学，不但会使课程生色，而且还有助于学生对物理的理解。甚至，有的时候，它的作用不只是“有助于”，而且是“必须的”。例如，在讲量子力学的时候，很难不涉及测量及实在的哲学。

哲学之所以有这样的作用，我想，原因之一是物理的发展确曾得益于哲学。比如，开普勒追求行星运动的和谐，是来自毕达哥拉斯主义的启示；牛顿坚

持经验论来发展他的理论，以致整个经典物理学研究方法都染有实在论的色彩；量子论的成功则与实证论紧密相关；广义相对论的创立有极明显的唯理论的作用。今天的物理学，正在追求着超对称、超统一，似乎又复归到开普勒对和谐的追求了。

可见，哲学是有用的。对于物理的教学，它是有用的；对于物理的研究，它也是有用的。正是这种有用，激发了我们对哲学的兴趣。

然而，我们的兴趣被戏弄了。第一次促使我强烈感到这一点的事，发生在70年代初。那时，我和我的同事开始转向宇宙学研究。动机很简单，自从1965年发现微波背景辐射之后，宇宙学越来越物理化，开始吸引越来越多的物理学家从事这项研究，我们也就是这种被吸引者。可是，这种纯然物理的研究，却被斥为“为宗教服务”、“搞伪科学”云云。这些无知的哲学干扰，使我心目中的哲学的形象顿时改变了。原来，哲学总是和高尚、智慧联系在一起的，现在则觉得，哲学讨厌极了。不能不下决心象哄苍蝇一样，哄走这些哲学，否则就无法有一个安静的研究环境。

宇宙学事件发生在10年“反常”期。由于那时一切反常，所以，上述类型的哲学干扰似乎也只是一时的“反常”而已。也就是说，“反常”期里，是用坏的哲学以坏的方式去指导物理，故而造成错误。不过，仔细思考之后我没有天真地接受这种“反常”说明。因为，历史事实是，建国以来所有哲学对自然科学的批判，都是错误的。

我们还可以看一件更早的史实。1908年成书的《唯物主义与经验批判主义》中用哲学对物理学家的研究作过具体指导，即对马赫的时空理论的批评。现在应当有勇气去说

了，从物理学角度看，那些指导是错的。它只表明指导者不懂（至少不了解）物理。应当特别强调的是，其错误并非是按今天的标准来衡量的结果，而是就当时的物理水平而言的。

这个例子应作为一种教训，哪怕好的哲学，一旦被放到所谓“裁判者”的地位，要它对物理学的具体研究说长论短，告诫物理学家应当这样这样，不应当那样那样，大概就不会有好的结果了。

哲学，特别是有见地而非肤浅的哲学，对物理是很有用的。然而，“有用”并不等于那种凌驾于物理之上的“裁判”。数学对物理非常有用，但数学并不是物理的裁判者；形式逻辑对物理也非常有用，但形式逻辑也不是物理的裁判者。哲学，象数学、形式逻辑一样，也只是对物理研究有用的一种工具。

1981年，国际宇宙学界在梵蒂冈举办过一次学术讨论会，我也应邀去参加了。会上散发了教皇保罗二世的一个讲话，谈及科学与宗教的关系。他说：“宗教与科学之间的合作，只要是在任何意义下都不破坏各自的自主，就对双方都是有益的。也就是，宗教要求笃信宗教的自由，科学则强烈主张研究的自由。”随后，他还提到，由于教廷曾经无视科学所应有的自主，导致了对伽利略的错误判决。

这些话，倒使我有点感触。科学的发展终于使宗教承认，神学不再具有“判决”科学的权威了。科学获得了独立于宗教的自主，“科学是神学的奴仆”的时代已成为过去了。可叹的是，今天的一些“哲学”里手，却仍然不愿干脆脆地承认哲学也不具有“裁决”科学的权威。不是吗，最近还有这样的一位在构造什么“宇宙总规律”，用以作为

衡量物理宇宙学的最终判据。甚至，还把这种作法自称为“马克思主义的”。其实，这类东西还不及保罗二世之后的神学。

科学摆脱宗教的制约，依靠的是自身的成就。当科学一个又一个地证明了神学经典的论断是错误的，则不管宗教是否愿意，它的至高无上的地位就倒塌了。今天，对待那种具有“裁判”癖的“哲学”（应称为神学）的办法，应同以前一样，即告诉那些“哲学大系”的创造者：“你们的‘总规律’所赖以存在的许多论断，已经过时了，陈旧了。”

说起来极可悲，100多年过去了，时至今日新“大系”创造者所谈及的自然科学，还只是上世纪的所谓三大发现。诚然，恩格斯的两部著作《反杜林论》及《自然辩证法》都曾以那些科学发现为依据。但是，今天的天文学和物理学，已经大大丰富了。恩格斯那时所进行的概括，也必须加以发展了，再用这些概括作为今天的物理不能超越的戒条，是对恩格斯写作原意的亵渎。

当然，在新“大系”中，也有不少科学新名词，门面上似乎是现代化的。但是，由于他们不真懂现代科学的内容，仍沿用经典的框架，结果弄得更糟。比如，在谈论时间空间时，一方面罗列着恩格斯关于时空的全部论断，一方面也罗列着非欧几何、爱因斯坦时空观之类的时髦词汇。这二者的并列，就使起码的自洽都没有了。要知道，非欧几何、爱因斯坦时空观是和恩格斯的一些概括不相容的啊！如果说恩格斯的著作中充满着经典物理与经典哲学之间的和谐美，象是蒙娜丽莎，那么，“大系”新著给人的印象就是留着长辫穿西服了。

那些“哲学里手”感叹今天的青年学生不爱听他们的

“哲学”了，大有江河日下之感。我觉得，这是很好的现象，我不但赞成而且支持学生的抉择。本来那些就是误人子弟的“哲学”嘛！这两年，我们小组的研究生由我们自己给他们讲讲有关的哲学观点，其目的之一是使学生能识别新神学的本相。我们曾经讲过的问题有：

1. 物理世界并非总是两点的；
2. 无限可以有界，有限可以无界；
3. 物质不灭并非普适；
4. 没有时间的存在；
5. 有生于无和第一推动；
6. 热死说的实质；
7. 量子现象中主客观是否可分；
8. 自由意志的根据；
9. 科学的“灵魂不死”；
10. 最不可理解的是宇宙是可以理解的。

总之，研究物理的人一般对哲学是有兴趣的，特别是有关上述那类正在研究而又不完全明朗的前沿问题。我们所不欢迎的“哲学”，是那些在“普遍真理”旗号之下的不懂装懂，说三道四。可以预期，这类不懂装懂者不会很快消失，他们之中还会有继续装下去的。物理学家有这样的经验，不正确的东西的消失往往要等旧的一代的过去；正确的东西的公认，往往要等新的一代的到来。麦克斯韦曾这样回顾光的理论的发展：

关于光的本质有两种学说，即微粒说及波动说。我们如今习于相信波动说了，那是因为所有相信微粒说的人都已经死了。

普朗克也说过：

一项重要的科学发明创造，很少是逐渐地争取和转变它的对手而获得成功的：扫罗变成保罗的事是罕见的。而一般的情况是，对手们逐渐死去，成长中的一代从一开始就熟悉这种观念。

我相信，在这里，构造“哲学”大系用以“裁定”物理的时期，大概也已是尾声了。因为，他们将逐渐死去；因为，新一代正在成长。成长中的一代从一开始就已熟悉：

我们需要作为工具的哲学，我们不需要最高裁判者的“哲学”！

（原载《自然辩证法研究》1986年第5期）

现代宇宙学及其哲学问题

宇宙学是各种各样争论都比较多的一个领域。关于宇宙学本身，就存在着几派不同的看法。一派认为根本不存在成其为科学的宇宙学，宇宙学只是一门伪科学，或者象法国物理学家布里渊说的，宇宙学只是“纯粹的幻想”。另一派认为宇宙学是不能否定的，天文观测已经碰到了大尺度问题，这些课题是客观存在的不是虚构的。但他们认为，目前观测结果尚少，因而应着重于观测的积累，数据的整理，少谈宇宙模型，少谈理论。一些从事观测的天文学家持有这种态度。再一派则认为，不但要重视观测事实，也要努力去分析机理，不但要看宇宙的现在，也要探索宇宙的演化，根据理论与观测之间的对证来发展宇宙学。

我们认为，第一派的观点是不对的。因为天文观测已经提出了一系列大尺度天体现象的问题，研究这些问题，就是科学，就是宇宙学。尽管由于种种原因使这门学科的理论还很不成

熟，但不成熟与伪科学是完全不同的两回事。第二派的看法也有不足之处。要想完全不涉及任何模型来做单纯的收集和整理资料的工作，是不可能的。没有理论思维，就会连一些简单的事实也联系不起来。问题是思维得正确不正确，问题是我们只能在实践所给定的条件下进行认识和推理，这些条件达到什么程度，我们便认识到什么程度。如果把运用思维的研究停下来，等待资料的纯化，那并不是一种促进的态度。相反，几十年来现代宇宙学的发展史证明，理论分析起着不可忽视的作用。

总之，现代宇宙学是一门自然科学，是科学实验发展到一定阶段的产物。它所研究的课题，就是现今观测直接或间接所及的整个天区上的大尺度特征。即大尺度上的时间和空间的性质，物质及其运动的规律。“我们的自然科学的极限，直到今天仍然是我们的宇宙，而在我们的宇宙以外的无限多的宇宙，是我们认识自然界时所用不着的。”^①的确，作为自然科学的宇宙学，无论古代的，或是现代的，其研究对象从来都是人类在一定时期观测所及的“我们的宇宙”。

我们生活在地球上，地球只是宇宙间一个很小的天体，我们在这样小的范围中进行观测，有没有可能认识大尺度中的规律呢？答案是肯定的。部分与整体是有联系的，我们在地球上观测到的某些局部现象，其中就包含着大尺度的信息。举两个例子。一个是夜黑问题，一个是放射性问题。

先谈夜黑现象。夜是黑的，这可以说是人类最早观测到的天文现象了。但是这个平凡的现象却并不容易给以解释。如果假定：1.空间是无限的，星辰均匀分布在无限空间上；2.时间是无限的，无论多久之前都有星辰充满着空间，它们的光度也没有系统性的变化；3.星体系统没有整体性的运动；4.在大尺度上，光的传播规律与地球上的规律相同。那么，就可以证明夜并不是黑的而是亮的。这个论证结果习惯上称为 Olbers 佯谬。夜黑这一观测事实

① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第215页。

证明，Olbers 在论证中所用到的前提必定有错误，也就是说，四条假定里，至少有一条是不能成立的。注意到这四条假定，每一个都涉及大尺度上的时空及物质运动的属性，因而，无论否定或者修正哪一条，都会使我们对大尺度的性质增加新知识。可见，夜黑这一局部观测到的现象本身就是一个属于宇宙学研究的课题。

上个世纪中对 Olbers 佯谬给出过许多解释，后来大部分都被否定了。恩格斯在《自然辩证法》中提到过的一些可能的解释，也已被证明是不成功的。只有一种较有影响的观点延续到本世纪，即等级式宇宙学模型。这个模型取消了上述第一条假定，认为星辰分布是不均匀的，而是以一定规律的成团形式分布的。

再谈放射性元素问题。在已知的化学元素中有 81 种是稳定的，约包括 280 种核素。除此之外，地球上还有少量天然放射性元素。象 ^{238}U ， ^{235}U ， ^{40}K ， ^{87}Rb ， ^{187}Re ， ^{232}Th 等等。这些放射性元素有一个共同的特点：寿命都较长，大都在 10 亿年之上，在地球上很少有天然存在的短寿命放射性元素。此外，在放射性元素中，也是长寿的含量多，短寿的含量少。象 ^{238}U 比 ^{235}U 寿命长，它的含量也就比 ^{235}U 多。

这些事实，说明元素一定有演化。既然放射性元素越来越少，那么，当初必定有产生放射性元素的过程。地球上只有长寿命的元素，可能是因为地球年龄已经相当长，短寿的都衰变完了。放射性元素是什么时候产生的？天体上的化学元素经历过怎样的变化？这些问题至少要涉及 10 亿年以上的尺度。可见，放射性元素这一在局部的短时间里观测到的现象也是与大尺度问题紧密联系着的。

夜黑及放射性元素虽然分别提出了大尺度的空间及时间问题，但是它们都没有给出解决问题的途径。所以，二者只能算是现代宇宙学的先声。真正促使现代宇宙学诞生的事件，是河外星系谱线的系统性红移的发现。

所谓红移，就是原子、分子或离子所发射的特征谱线的波长

变长了。如果原来的波长是 λ_0 ，移动后是 λ ，红移量就定义为 $Z = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$ 。天文观测发现，除了邻近我们的几个星系外，河外星系普遍有红移，后来又总结出一条规律：星系的距离越大，红移量也越大，二者之间大体存在着线性关系。这就是哈勃关系，比例系数称为哈勃常数。现代天文观测已经多方面改进了哈勃最初的结果，但是存在哈勃关系这一点仍然是对的。

这个基本事实说明了什么呢？

首先，系统性红移现象的独特性质，表明在星系团以上的大尺度中存在着有别于其他尺度的物理特性。大尺度上的物质运动、时空结构等性质，并不就是小尺度上的简单外推或堆砌。

其次，系统性红移的存在，说明应当从“系统”的角度来研究已观测到的所有星系构成的集合。在红移现象发现之前，虽然已经开展了对河外星系的研究。然而，对于整个观测所及的大天区来说，还只是作为许多关系不大的星系集合来看待的。红移现象第一次揭示出这个星系的总集合也具有统一的特征，具有整体性的一面，系统性的一面。

正是由于这些作用，红移的发现促成了现代宇宙学的诞生。

在物理学中，有许多因素能形成谱线的红移。但是，河外星系的红移是一种所谓一致的红移，即对同一天体而言，所有谱线的红移量都是一样的。在目前已知的理论中，只有多普勒效应以及引力红移两种机理可以解释这类红移。用引力红移来解释系统性的红移，有其他方面的困难。因此，多普勒效应的解释就成了一种很自然的尝试。按照这种解释，哈勃关系意味着星系逃离我们的速度与其距离成正比。即各方向上的星系都在退行；距离较近的，退行速度较小，距离越大，退行速度也越大。在星系的集合上呈现出一派四散奔逃的运动图景。这就是宇宙膨胀观念的来源。

宇宙膨胀观念一开始就同某些旧传统发生尖锐的矛盾。尽管天文学逐步确立了地球在运动、太阳在运动、银河在运动的结论，但是往往却默认：在一个更大的尺度上，平均来讲，天体是稳定

的。这种大尺度不变观有它的认识论上的根源。因为，人们肉眼常见的恒星天在形态上的变化是极小的。在认识粗浅的古代，由此产生大尺度上不变观念，是很自然的。考察中外古代绝大多数宇宙理论都把“最高”的天穹看作一个坚硬不变的壳，就是这种不变观的具体表现。到了近代，虽然恒星天的硬壳早已被打碎了，可是“最高”天穹的不变观仍然沿袭下来，成了一种潜在的成见。正是宇宙膨胀观念的出现，才对这种成见发起了一次有力的冲击。宇宙膨胀观念的发展至少已迫使人们认识到平均不动的图象并不是“不证自明”的。这本身就是宇宙膨胀论的一个很有意义的成果。

有一种观点，认为红移现象是大尺度上特有的现象，因而它是由大尺度上的新规律造成的。当然，我们不能排除在红移现象的背后有新规律存在的可能。物理学以及天体物理学的任务之一就是研究和探索支配着自然界的各种规律。然而，倘若抱着凡是看到“新”字，就认为一定是好这种态度，那就走向了反面。自然规律的特性之一就是具有普遍性，如果不借助在地面实验中发现的自然规律的普遍性，认识天体是寸步难行的。根据运动的表现特性的不同即断定运动规律也必定不同这种推论在天文学上是有过教训的。亚里士多德根据天体运行方式与地面附近物体运动形式的不同，断言月亮以下与月亮以上是两个不同的世界，两个世界中物性全然不同。这种天地本性不同的观念在很长时期里束缚着人类对于天体的认识。直到牛顿的引力理论和三大运动定律，统一地解释了行星、卫星的运动和落体的运动之后，人们才觉悟到所谓“两个世界”的界限是不存在的，行星的运动形态尽管与地面物体不同但二者却遵从同样的力学运动规律。这一段历史事实，不能不使我们对某一些根据红移现象特别就断定必有新规律的观点采取谨慎的态度。

初接触宇宙膨胀观念的人，常有一个疑问，如果所有星系都在退离我们，那么，地球不又成了宇宙的中心吗？这是一种误解。膨胀与中心并不是必然联系着的，可以有膨胀但却没有中心。事

实上,广义相对论中一类膨胀型宇宙解,就是在没有中心这一原则下求出来的。按这一类解,不仅地球不是中心,而且任何一点也不是宇宙的中心。虽然我们在地球上看到周围星系相对于地球都在退行,如果到其他星系上去观测,也将发现周围星系相对于该星系在退行,没有任何一点具有特殊的相当于中心的地位。这就是一幅有膨胀而无中心的图象。

还应该指出,按照广义相对论的膨胀宇宙解,大尺度时空不一定是平直的,而可能是弯曲的。也就是说,大尺度空间可能明显地偏离欧氏几何,而且时空的性质与其中的物质及运动的特性有关。这些进展是很有意义的。至少它已经启发喜欢思考的人们认识到,许多习以为常的时空观念可能是由于人类活动天地过于窄小而造成的偏见。比如,有一种观点认为:只要空间没有一个方向是有终点的,不论是向前或向后,向上或向下,向左或向右,那么,这种空间就是无限的。其实,这就是活动天地窄小而带来的东西。一个没有终点的空间并不一定是无限的,而可以是有限的。前后、上下、左右这些概念本身就是来自局部经验的东西,在讨论全局问题的时候,它们可能是没有意义的。如果先验地认为我们的宇宙必定是沿着某个方向可以一直走下去的一种欧氏空间,那么不妨回忆一下两千多年前早期的盖天说,这种宇宙理论主张大地是平坦的。它的存在除了证明当时人们的活动地域有限,对于大地是平是弯还分辨不清以外,还能有什么呢?有鉴于此,我们同样不能把“沿着某个方向可以一直走下去”等等认为是无须检验的哲理,更不能无条件地加以接受而作为衡量各种宇宙模型的准绳。

现在来谈宇宙膨胀说的观测检验。第一个还是夜黑问题。由于宇宙膨胀论取消了导致 Olbers 佯谬的第三条假定,因而在这种模型中不再有夜黑佯谬,符合观测的结果。

第二个检验是星体的年龄问题。宇宙膨胀论主张星系相互作分离运动,故空间中星系越来越稀疏。倒回去说,越往早期,星系越密。显然,当星系密集到一定程度时,星系不可能再以我们

目前观测到的形态存在。今天看到的一切星体都将是那个密集时代之后产生的。因而，一切星体的年龄都必须短于从密集时代到今天所经历的时间。利用哈勃常数 H 可以估计出密集时代约发生于 H^{-1} 年之前。按照哈勃最早的测量， $H^{-1} \simeq 10^9$ 年，即10亿年。这就是宇宙膨胀论所预言的各种星体年龄的上限。

这个上限太小了。地质学证明，地球已经有几十亿年的历史。根据同位素年代学，太阳系年龄约为46亿年。由球状星团赫罗图可以推定一些老的球状星团大约有160亿年的历史了。这些年龄都大大超过宇宙膨胀所给的年龄上限。所以，宇宙膨胀论一度受到普遍的怀疑。爱因斯坦在当时曾说：“既然由这些矿物所测定的年龄在任何方面都是可靠的，那么，如果发觉这里所提出的宇宙学的理论同任何这样的结果有矛盾，它就要被推翻。”

为了摆脱这种困境，出现了稳恒态宇宙学模型。这个学说认为宇宙虽有膨胀运动，但却没有一个密集时期。既要宇宙在膨胀，又要物质分布的密度不变化，只有一个办法，即假定宇宙中不断有物质产生，以弥补膨胀引起的损失。这就是稳恒态模型的基本观点。

随后，不少观测工作开展了对稳恒模型的检验。如果星体的分布密度是不变的，即过去的密度与现在的相同，那么，遥远天区中星体密度应与近邻天区是一样的，这是因为我们看到远的天区也就相当于看到早的时刻。对各种距离上的星体密度进行比较，在天文学中叫做计数。60年代开始，射电天文学家做了不少射电源计数工作，结果发现，射电源的分布密度随着距离的不同有明显的变化，也即是随着时间有明显变化。这样，就从观测上直接证明了我们的宇宙是有演化的，稳恒态宇宙学模型是不符合观测结果的。

在差不多同一时期里，观测宇宙学家发现，哈勃用以测定距离的“标尺”是有问题的。首先，关于变星光度的标准取得不对，他没有分清存在两类变星，致使他所得到的距离都比实际的小。考虑这个修正后，河外星系的距离要加大近一倍。后来又发现，哈