

1、2

1981

科学与哲学

研究资料

PDG

要重视研究科学家传记

卞

其

科学的发展，与科学家的活动密切联系在一起。研究科学史，不仅要研究科学发现、科学发明和科学思想发展的历史，而且还应该研究科学家的历史。科学家传记（包括科学家回忆录）就是记载科学家的成长和活动的历史，它系统地描述了科学家的生活经历、科研工作、科学成就，以及科学家的学术思想、研究方法和世界观。研究科学家传记不仅有助于我们深入学习科学史、科学学和自然辩证法，而且有助于我们具体认识科学家的那种实事求是、刻苦钻研、追求真理、勇于牺牲的崇高精神和优秀品质，激励我们坚定不移地攀登科学高峰。

研究科学家的历史，首先必须广泛搜集各种有关科学家的传记资料，其中包括翻译介绍国外出版的各种传记资料。

《科学与哲学》（研究资料）一九八〇年第1、2辑，译载了玛丽·居里、卢瑟福、普朗克、费米、爱因斯坦、薛定谔、玻尔、朗道、魏格纳、巴甫洛夫、弗洛伊德、希尔伯特、摩尔根、谢灵顿、图灵、冯·诺伊曼、维纳、罗素等十八位自然科学家的传记，受到了读者欢迎。现在，我们又从美国出版的《科学家传记辞典》中选译了马赫、施里克、萨顿、彭加勒、康托尔、怀特海、玻尔茨曼、贝克勒尔、伦琴、洛伦茨、迈克尔逊、汤姆逊、瓦维洛夫、泡利、威尔逊、劳埃、康普顿、伽莫夫、梅特娜、范特霍夫、哈恩、爱

丁顿、哈勃、弗莱明等二十四位科学家的传记。

《科学家传记辞典》是一部重要的科学工具书，与《大英传记辞典》、《美国传记辞典》具有同等作用。它由美国 C. C. 吉里斯皮 (C. C. Gillispie) 主编、美国科学史学会赞助、美国科学基金会资助、美国学术文化协会主持出版 (1970—1977年，纽约)。这部辞典共十四卷，系统介绍了各门学科领域内迄今已经逝世的重要科学家的工作和生平，内容极为广泛，叙述相当准确，并且附有大量参考文献，为我们学习、研究科学史与科学思想史提供了十分丰富的资料。

这里选译的二十四位科学家的传记，均按学科分类，并且在每门学科领域内又以科学家逝世的时间为顺序进行编排。

另外，我们还从国外出版的其它书刊上选译了诺贝尔传略，以及关于1978年诺贝尔物理学奖获得者卡皮查和1979年诺贝尔奖获得者温伯格、格拉肖、萨拉姆、布劳恩、维迪格、豪恩斯菲尔德、科马克等科学家的工作与生平的介绍，供读者研究。

我们要重视研究科学家传记。应该在广泛搜集各种传记资料的基础上，系统地对当代和历史上的一些重要科学家进行认真的研究和全面的介绍，作出正确的评价，从中吸取教益。

科学与哲学

1981年第1、2辑

(研究资料)

(总第12、13辑)

目 录

要重视研究科学家传记……………卞其 (i)

马赫……………E. N. 海伯特 (1)

施里克……………D. 赖尼因 (30)

萨顿……………A. 撒克里等 (36)

彭加勒……………J. 丢东涅 (52)

康托尔……………H. 梅什科夫斯基 (75)

怀特海……………J. D. 诺尔斯 (90)

玻尔茨曼……………S. G. 布鲁士 (94)

贝克尔尔……………A. 罗默 (111)

伦琴……………G. L'E. 特纳 (119)

洛伦茨……………R. 麦柯马奇 (126)

迈克尔逊……………L. S. 斯威生 (153)

汤姆逊……………J. L. 海尔布伦 (162)

瓦维洛夫……………J. 多尔夫曼 (181)

泡利……………M. 菲尔兹 (185)

威尔逊……………G. L'E. 特纳 (194)

劳埃……………A. 赫尔曼 (200)

康普顿.....	R. S. 桑克兰德 (207)
伽莫夫.....	R. H. 斯忒沃 (220)
梅特娜.....	O. R. 福里斯契 (226)
范特霍夫.....	H. A. M. 斯涅尔德斯 (235)
哈恩.....	L. 贝戴斯 (249)
爱丁顿.....	A. V. 道格拉斯 (257)
哈勃.....	G. J. 惠特罗 (269)
弗莱明.....	C. E. 多尔曼 (281)
诺贝尔传略.....	H. 斯丘克 (287)
卡皮查.....	A. C. 鲍罗维克-罗马诺夫 (300)
温伯格、格拉肖、萨拉姆.....	И. Ю. 科勃扎列夫 (307)
布劳恩、维迪格.....	В. И. 勃列加泽等 (314)
豪恩斯菲尔德、科马克.....	П. В. 弗拉索夫等 (320)

一月十日付印

马 赫

E. N. 海伯特

恩斯特·马赫(Ernst Mach), 1838年2月18日生于摩拉维亚地区布尔诺附近的切尔利斯-图拉斯(现在切尔利斯-图拉斯属于捷克斯洛伐克), 1916年2月19日卒于德国哈尔附近的瓦特斯蒂坦。物理学、生理学、心理学。

恩斯特·马赫在奥匈帝国度过他的整个一生, 直到最后的三年。那是一个民族自决日益增长的时代, 在非日耳曼人中间确定统一语言的时代, 各个少数民族在体力上和智力上解放的时代。马赫的双亲为他提供了一个培育不受约束的、批判的与顽强的科学好奇心以及怀疑主义的环境。

马赫是约翰·马赫和约瑟芬·兰豪丝的三个儿子中的大儿子。他的父亲受过极好的人文科学的教育, 其中包括在布拉格大学哲学系的两年学习。1840年, 马赫的父亲和他的家庭一起定居在维也纳附近的安特西本布伦农场。约翰·马赫是一个实际的和有创造力的唯心主义者, 一个十足的个人主义者, 因为他在同他的多少有点偏僻了的家庭的成员的合作中, 把自己的精力分别用在改进养蚕方法、管理他的果园、观察动物和儿童的行为、阅读希腊文和拉丁文的古典著作以及当家庭教师等方面。马赫的母亲是在一个从事法律和医术的家庭的传统中长大的。她是一个性格温柔并且具有艺术气质的妇女, 她专心一意地向她的孩子们灌输对音乐和诗歌的爱好。

除了有一年在西坦斯特坦的圣本尼迪克大学预科学习之外，马赫一直到十四岁都是在家里接受他父亲的教育。1848年，即他十岁那年，是牢固地留在马赫记忆中的一年，当时由于受到父母对匈牙利反对哈布斯堡君主制度的革命的同情心的支配，他进入了大学预科一年级。他喜爱地理学课程，但他这样厌恶古代语言的语法以及敬神的格言，以致他的宗教导师只好推荐这个没有才能的学生去从事手艺或经商的职业。因此，马赫的父亲再一次承担起对儿子教育的监督。上午被用来学习大学预科规定的科目——希腊语与拉丁语的语法和文学、历史、代数和几何——其间并大量加插那些在住宅、花园和树林里所进行的观察和实验。下午部分时间用来为他父亲的农业投机而进行体力劳动，另一部分时间则用来当家具木工学徒。

马赫在1853年十五岁的时候，进入了在克里姆西亚的公立的皮尔里斯特大学预科六年级。宗教的训练使他不高兴，但他对论述自然科学的方法的热爱何止补偿了对那方面的不高兴。在尔后的岁月中，马赫屡次特别地称道他的自然历史和地理老师 F. X. 维西利。显然，维西利介绍拉马克的进化理论（在达尔文的物种起源发表之前）是如此的令人信服，以致马赫永远也无法使自己摆脱那建立在获得性遗传基础上的潜在的进化的认识论。

在维也纳大学经过五年数学、物理和哲学的学习之后，1860年马赫以其放电和感应的论文考取了博士学位。在大学期间，当他作为一个讲师在他的老师安德烈斯·沃因·埃廷肖申（物理会长多普勒的继承人）的实验室工作时，他进行了一系列实验研究，旨在为引起争论的多普勒的关于在信号和接收者的相对运动中出现的声的强度和光的频率变化的定律

寻找理论根据。而且，他还为维也纳科学研究院写了一些论文，在这些论文中，他用分子间的振动去说明气体的波谱。他用“分子间的作用”一词去解释在机械振动系统里的共振现象，流体的流动与密度、粘滞性与毛细现象的关系以及液体表面的曲率的主要半径。

虽然在维也纳时，马赫从有关光学、音乐的声学和心理物理学的通俗科学讲座中得到大部分的收入，但他还讲授正规的大学的力学原理并为医科学生开设专门的物理学课程。后者构成了他的《医用物理学纲要》一书（1863年）的基础。这本著作显著地表明，马赫在他的早期生涯中，对自然现象采取彻底的机械论的解释，并且承认原子——分子理论，以及毫无保留地承认气体动力学理论——起码看作是一个工作模式或假设。在这种情况下，马赫简单地仿效当时在物理学家中流行的对物理现象作富于哲理性的原子论的描述。虽然如此，在“纲要”一书的序言和结束语中，马赫还是直率地讨论了原子论的不足之处。他评论说，无论将来可能提出什么样的物质的形而上学的概念，按照原子论所得到的结果，总是有可能转变为另一种概念，正如极坐标的公式可以在直角坐标中表达出来一样。

在离开维也纳之前，马赫对科学的兴趣已经从物理学转移到生理学和感知心理学以及新的心理物理学学科。在他的《指导思想》（1910年）一书中载有他对他的生涯所作的反省，马赫说，迫使他进入感知心理学领域的原因，是他缺乏进行物理研究的资金。“这里，在我可以观察到我的感觉以及它和周围的环境对照的地方，我相信，我已经从纯理论的形而上学的成见中解放出来，从而获得了一个自然的‘人生观’。”当他开始钻研心理物理学问题，把视觉、听觉和血压

的变化联系起来的时候，他逐步地但确定无疑地得出这样一个结论，他的机械论的和原子论的方法已对他很少束缚了。马赫的科学注意力的转移可以明显地见于1863年底问世的《关于心理物理学的讲演》一书。对他来说，这个转变表示着他脱离形而上学问题，放弃机械论和物理简化论，以及故意回避假设。他写道：“因为一个假设的价值，主要地在于欺骗，正是这样一种正规的伪造的欺骗，把人们引导到越来越接近真理。”到1863年，原子假设已经为马赫提供了这样一种正规的伪造的欺骗。

1864年，马赫在格拉茨大学接受了数学正教授职位。在得不到研究机构答允提供科学设备的情况下，他就用自己的存款来取得研究所需要的设施。到1866年，他已经得到物理教授的衔头，虽然他还在继续从事关于听觉调节、时间观念和立体视觉等方面的生理学和心理物理学问题的研究。在这个关键的时候，马赫最重要的发现是后来以所谓马赫频带而知名的发现，这是由于立体散布的光线刺激视力感觉而产生生理效应的一种现象。当立体散布的光线导致某一点上的照明度明显变化的时候，就可以观察到马赫频带。在明显变化的范围内，相当于一个频带的负的变化光比它的周围要亮，而相当于一个频带的正的变化光则比它的周围要暗。这个现象，一种没有物理基础的生理效应，是马赫在1865年到1868年之间发表的五篇论文的主题。最后的一篇论文发表于1906年。这种效应实质上在1950年的时候才被重新发现，并从此成为一个相当大的研究题目。

1867年，马赫在格拉茨同露多维克·玛鲁西格结婚。当时他已经在布拉格接受了查尔斯大学实验物理的教授职位。在大学任教授的二十八年中，他完成了他的大部分重要著

作，并看到自己的一百篇以上的论文发表了。虽然他自始至终潜心于理论上重新形成他在力学、热力学方面的见解，但他在杂志上发表的论文却主要地反映他在实验上的努力。

在布拉格这些年间，马赫在心理物理学研究中最杰出的成就，是他把动觉感觉和平衡的变化同物理运动、加速度以及人体方位的变化联系起来研究。随着这些研究还增添了一系列扎实的论文，在这些论文中，他不屈不挠地继续探索在维也纳和格拉茨已经着手的问题：立体散布的光对视网膜的刺激（马赫频带）、单眼透镜、听觉感觉器官的功能与解剖以及听觉的调节等实验。

在物理学科内，马赫的出色的成果的影响是不小的。马赫在布拉格进行的比较传统的物理研究明显地包括形形色色的与反射、干扰、偏振和紫外线相关的视觉的实验。他研究与力、电和光学的现象相关的波的运动，并显著地阐明伸展和收缩的玻璃棒和水晶棒的纵向波推进的特性曲线。他还研究在固体里面和表面放出火花所产生的力学效应。

在1873年到1893年之间，马赫和各位合作者，包括他的儿子路德维希在内，一起设计和改善光学的和摄影的技术，用来研究声波和波推进，以及抛射体、陨星、爆炸和气流的气体动力学。1881年，在比利时炮手亨里·梅尔逊斯评论的激励下，马赫承担了对抛射体飞行的研究，并用他在布拉格实验室里早已为其他实验设计过的摄影技术来进行工作。他的著名的1887年的超声波论文，是和菲尤姆（现在南斯拉夫的里杰克）航海学院的 P. 索尔彻合作在维也纳科学院的大会报告中发表的。在这篇不朽的论文中所描述的实验，是在奥地利皇家海军的资助下在菲尤姆进行的。在这篇论文中指出，推进气体外围的冲击波和它的运动方向形成的锥角 α ，

是与声速 v 和抛射体速度 ω 有关的, 因为当 $\omega > v$ 时, $\sin \alpha = v/\omega$ 。1907年后, 按照哥廷根的凯塞·威尔赫尔姆水流研究院的路德维希·普兰德特尔的著作, 角 α 被叫做马赫角。

认识这个 ω/v (物体速度和物体传播出去的不受介质干扰的声速之比) 的意义, 在研究高速抛射体的空气动力学中变得日益重要了, 1929年, J. 阿克里特在苏黎世的联邦技术高等学校作为就任讲师的讲演中提议用“马赫数”这个术语来表示这个比。到1930年下半年, 马赫数已经被引进英文文献, 并从第二次世界大战结束后, 马赫数已经在理论上和流体动力学上具有相当的重要性。这项已经和马赫最紧密地联系起来的工作, 完全有可能表明马赫的贡献, 然而马赫却认为这种贡献比起他对古典力学的批判和在心理生理学方面的实验的改革来说, 是微不足道的。

在布拉格的时候, 马赫还发表了许多通俗科学讲演和有历史意义和教育意义的小品文, 以及一批重要的专题论文和专题著作: 关于能量守恒(1872年), 音乐声调的光谱和频闪观测的研究(1873年), 运动感觉的理论(1875年), 力学批判史(1883年), 以及一卷感觉分析(1886年)。从1882年到1884年, 马赫是大学的校长, 当时正是分为德国和捷克统治区的困难日子。1887年, 在一些合作者的帮助下, 马赫和约翰·奥德斯特里尔合作出版了最初的一套物理学教科书, 这些教科书大约连续出版了约二十版, 并经过修改后在德国和奥地利以不同的程度成功地使用了大约四十年。同样, 在布拉格、维也纳和来比锡也都使用马赫实验室设计的规范仪器。

1895年, 马赫转到维也纳大学以历史和归纳科学理论的教授学衔取得讲授哲学的资格。他的通俗科学讲演的最新版本于1895年在英国第一次出版, 而它后来的一个版本是题献

给威廉·詹姆士的。他题献给 J. B. 斯托罗的《热学原理》则在1896年发表。1897年，马赫的右半身突然患病麻痹而瘫痪了。经过一段时间的康复后，他恢复了讲课和写作。1901年，他正式辞去了他的教授职位，这一年他接受奥地利议会的上议院的委任。他的《认识和谬误》在1905年发表，而他的《空间与几何学》则在1906年发表。

1913年，马赫和他的妻子一起搬到他儿子路德维希所属国籍的德国的瓦特斯特坦的家里去住。他的《文化与力学》发表于1915年，这是他死的前一年。而马赫的《物理光学原理》则在他死后于1921年发表。

马赫是一个训练有素的物理学家，他愿意人们认识他是这样的人。然而他生命的大部分时间也是忙于生理学、心理学以及科学的历史和科学的哲学等问题的研究的。对他毕生的事业作全面研究，就会显示出他是一个有创造力的实验家，一个敏锐的、富于想象力的科学理论批判家，而他对在物理学、生理学和心理学交叉领域中详细阐述的问题的重要性是非常敏感的。马赫对他直接的周围现象世界的广泛的强烈的爱好，是受到他对自然的原始状态的非常热切好奇心的影响造成的。他自认有自我启发的强烈愿望，并认识到自己要成为一个物理学家，但是要做一个不受他所接触的专家们的成见所影响的那样的物理学家。

在爱因斯坦于1916年为马赫所写的讣文中，我们读到这样的话：“那种不可言传的领会和理解的快乐，那种斯宾诺莎对智慧的爱好是那样强烈地支配着他，以至于使他直到成熟的老年，还用一个无忧无虑的以理解事物诸关系为乐的孩子们的好奇眼光去凝视世界。”爱因斯坦认为，即使在某些研究领域里马赫的科学探索并没有根据什么新的原理，但他的

工作总是显示出他是一个“非凡的实验天才”。甚至在他把他的哲学生搬硬套于科学的地方，他的同事们还是赞赏他的直观知识和科学研究的技巧。1927年，威尔赫姆·奥斯特瓦尔德写道：“恩斯特·马赫这样一个清醒的和精确的思想家，是作为一个幻想家而受到尊重的。一个既懂得怎样巧妙地做实验的人竟希望做那样奇怪的事情，这并非是不可思议的。”阿诺尔德·索末菲认为，马赫是一个辉煌的实验家，但又是一个怪癖的理论家，他企图把属于“生理学”和“心理学”的东西包括在他的物理学中，所以，他必须把“物理学”的东西降低到较为踏实的水平，正如他的同行物理学家所惯常希望于他的那种水平。

马赫的理论贡献和见解中根本的东西，是他对视觉、听觉和动觉的解释，他在力学、热力学、光学和分子光谱学上的见解，以及和他的波推进研究连在一起的思想。一般说来，起码在马赫在世的时候，对马赫的理论见解的评价都认为它和过多的吹毛求疵的和科学的论述混合在一起。此外，他探索的题材或他对问题的见解都离题太远而不能引起物理学专家们的兴趣。例如，马赫对原子论的不妥协的抵制，远远地超过了同时代的人，即使他们在原子和分子是存在的实体这一点上还不表明明确意见的时候，都决不怀疑作为一种强有力的假设的原子论的奇妙作用。马赫只是在晚年才较少指责这一理论，但即使划时代的发现已经证明他的错误之后，他曾否放弃过武断的反原子论的见解，这一点是不明确的。

马赫把原子论以及“物理学与化学上人为地假设的原子和分子”看作是“传统的理智的训练工具”。他写道：“这些为了人们特殊的狭窄目的的工具的价值丝毫没有受到破坏，正如从前一样仍是一种用符号来表示经验的简便方法。

但是我们没有权利从它们那里得到多于我们所赋予它们的东西，正如我们没有权利从代数符号中得到多于我们所赋予这些符号的东西，因而我们肯定不可能从这里得到比经验本身更多的启发。”

麦克斯·普朗克对马赫在热力学上的见解进行了最严厉的批判，他认为能量守恒定律是一个真实的自然规律，是一个现实的独立于人的生存之外的实在。而对马赫来说，这个定律以一种准则或公约的地位来把种类繁多的自然现象组织起来，而且它植根于那被认作是人类特点的约定，而这种约定和生物学所确定的助长生存的努力的组织是有关的。对马赫来说，“能量”不过是一个象力、空间或温度一样似是而非但又是强有力的概念。因此，把马赫包括在象威尔赫姆·奥斯特瓦尔德和杰沃格·赫尔姆等动能学家之内是错误的——而这样的错误人们是经常犯的。

至于热力学第二定律，波尔茨曼认为，无论是普朗克还是马赫，都未能深入到这个定律的统计的本质。1900年之后，普朗克（但不是马赫）承认了波尔茨曼的解释。事实上，马赫继续以哲学为根据来非议用原子-分子-力来解释热力学的定律，而宁可特征地给予原子、分子以一更简单的和更纯粹是假定的地位。在他的《热学》（1896年）中，马赫指出：“通过有意的和无意的运动之间的区别，通过熵（热力学函数）的增加和在有意消耗中无意运动增加之间所确立的平行而得出的关于热力学第二定律的呆板的概念，看来是完全人造的、虚假的。如果人们认识到，同纯力学系统（由绝对弹性的原子所构成）中熵的增加真正相类似的情况是不存在的，那么，人们几乎不能不认为违犯热力学第二定律——没有任何精灵的帮助——本来是有可能的，如果这样

的力学系统是热过程的真正基础的话。我完全赞同 F. 瓦耳德的说法：‘在我的见解中，这个定律（熵）的根扎深得多，假如能成功地使分子假设和熵规律相一致的话，这对假设来说是幸运的，但对熵规律则不然。’”

由于原子和分子理论的巨大成功和普遍为人们所接受，在本世纪开始对统计学的解释已经彻底地渗透到热力学中，尽管现在热力学还享有独立于力学之外的学科的独立性。所以，要理解为什么马赫对于那些可靠的先进的因而对所有物理科学都非常重要的强有力的理论如此缺乏辨别能力，在今天就更困难了。

马赫对力学的批判性的见解，引起了对古典物理的科学的、历史的和哲学的基础的热烈讨论。从赫兹、皮尔逊、玻尔茨曼、福普尔、洛弗、斯塔洛、克利福德、皮卡德、波因卡、达海姆、西利格、瓦拉蒂和朱尔丹等人中所看到的许多反响，极好的说明马赫对这些问题的理解是敏锐的。而且，爱因斯坦在1916年谈到马赫于1883年所写的《力学》一书时曾写道：“在那里你将发现所提出的光辉思想，而到目前为止，这一光辉思想还远远没有成为物理学家们的公共财产。”

按照马赫的见解，一个伟大的科学家必须象牛顿那样具备两大特点：从世界的经验中把握本质要素的想象力和理智的概括能力。在《力学》一书中，马赫相当详尽地介绍了牛顿的力学观点。他对于这个力学原理的明确的叙述以及对它在某些概念的合理的重新详细阐述中所用的强有力的论证都一起给予慷慨的赞扬。一个恰当的例子是马赫的惯性质量的概念，他把这一概念不是看作物体本身固有的性质，而是看作物体与静止的宇宙之间的动力联结所规定的本质。他提出要以一个“任意确定的定义”来代替牛顿的作为物质的量的

质量概念，他提出的定义就是，“所有质量相等的物体，它们在相互作用中彼此产生大小相等和方向相反的加速度”。马赫坚决主张这样的一个定义，将使牛顿专门阐明的反作用原理成为多余的，这一结论支持了思维经济的道理。

牛顿的绝对时间、空间和运动的观点，在《力学》一书中受到了挑战，理由是牛顿关于绝对时间、空间和运动的观点无法与实验观察联系起来。马赫建议取消所有这样的命题，因为从这些命题中不能演绎出可观察到的事物。他还进一步提议物体的运动应认为和整个世界的可观察的事物是相关的。“当我们觉得我们不能取消孤立的物体时……，那就是不能用实验来确定它们所起的作用究竟是主要的还是次要的，而且觉得这些作用至今仍是唯一能够确定运动方向和描述力学事实的时候，那么，我们就会发现把一切运动都看作是由这些物体所决定的是暂时性的权宜之计。”按照马赫的主张，在一个虚空的宇宙中的物体是没有惯性的。一个系统的惯性可以归结为在这一系统和静止的宇宙之间的函数关系，包括相互作用的物质系统的最远部分。

为了引起人们对这—个原理的注意，爱因斯坦在1918年写的广义相对论的四页论文中介绍“马赫原理”来强调马赫所主张的概括，那就是一个孤立物体的惯性是没有意义的；惯性必须归结为物体的相互作用；惯性结构是由宇宙中质量的分布决定的；一个物体的惯性力是这个物体同远距物质的相互作用。所需要的是选择，即使是暂时性的，选择一个数学地近似于绝对空间的物质系统。

爱因斯坦从黎曼场论的角度来解释马赫对牛顿力学的批判。这种解释成为对爱因斯坦引力理论发展的最强有力的刺激——虽然爱因斯坦终于发现马赫原理不能适应自己的新理

论。这种新理论确实显示出的是：空间-时间的量度取决于物质和能量的分布；空间的曲率以及由此发生的物体的运动，取决于空间中的物质。因此，可以看出物体的运动是由于受周围物质质量（包括星球在内）的影响，而不是象牛顿所曾经设想的那样，是由于在绝对空间中部分物体保持运动趋向的任何作用力。

爱因斯坦希望他能给马赫原理以数学的表述；但众所周知，他没有完全成功。他表明在没有物质的空间中他的场方程结果未能解决问题，也无法量度，因而为马赫的原理找到支持。他设法将马赫原理中可取得一致的方面吸收进广义相对论，而他的相对论就是建立在空间-时间坐标普遍变换下的等效原理和协变性概念的基础上的。但他并不满足于接受马赫原理中所包含的受有限空间-时间界限的条件所约束的限制。事实上，他发现只要加上所谓宇宙条件这一项，他就能写出给予正确解决办法的场方程。

大量的科学和哲学的文献，对马赫原理作了重新的解释和系统的阐述。同万有引力理论和其他宇宙论模型相一致的论证连续被人们提出来，重新加以阐述或抛弃。试图证明马赫原理在什么地方继续有意义或没有意义，正如证明人们对原理本身或对原理中个别论述的某些部分所提出的异议在什么地方有或没有意义那样，那只要说到人们对马赫原理在数学方面的阐述没有一致的见解就够了。马赫原理作为一个集合术语，这种表达方式是一个非常重大的时代错误，并与马赫的这个问题最初的概念毫无共通之处。然而，甚至直到现今，关于马赫的力学论点与爱因斯坦的相对论之间的逻辑联系的问题还不是一个没有意义的争论。

爱因斯坦在他的《自传笔记》（1946年）中看出：“马