



W
ULIXUE GUANCHA

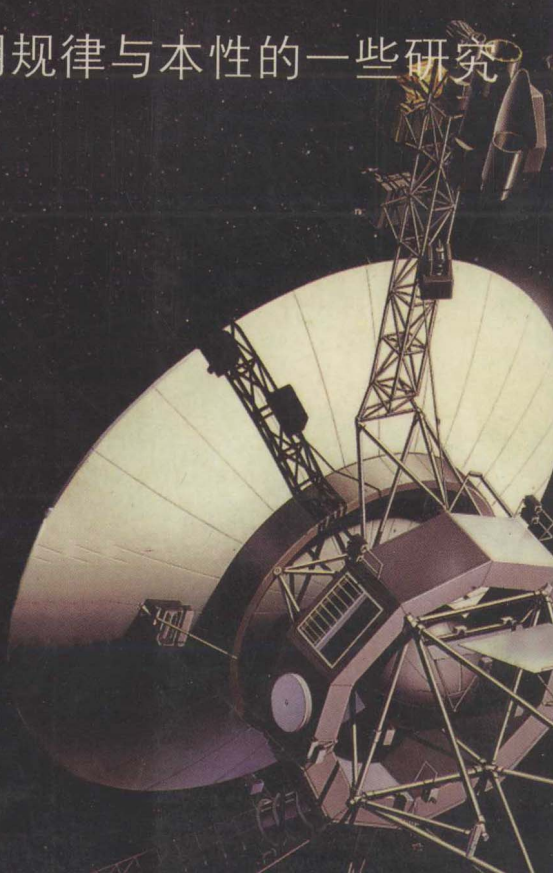
物理学观察

(第2版)

——关于观念、作用规律与本性的一些研究

刘粤荣 著

国防工业出版社



——关于观念、作用规律与本性的一些研究

(第2版)

刘粤荣 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

物理学观察:关于观念、作用规律与本性的一些研究/
刘粤荣著. -2 版. -北京:国防工业出版社. 2000.1
ISBN 7-118-02199-7

I. 物… II. 刘… III. 物理学-研究 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(99)第 63752 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 10 260 千字

2000 年 1 月第 2 版 2000 年 1 月北京第 2 次印刷

印数:4001—7000 册 定价:16.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

第 2 版序言

科学发现永无止境

面临世纪之交,关于科学知识总结的众多集成读本应运而生,对科学的反讽书籍也流行一时。其中给我印象较深刻的,是《科学美国人》资深作家约翰·霍根先生所著的《科学的终结》,在其中文版封面中,显赫地告知读者:“科学(尤其是纯科学)已经终结,伟大而又激动人心的科学发现时代已一去不复返了。”据一些学者分析,其核心话题可能至少具有两方面内容:

1. 20 世纪空前的科学知识积累,使理论达到巅峰,人类可能运用实验发现的客观知识已接近极限,今后的理论发展空间已很狭隘。

2. 现代流行科学理论越来越不受到经典规范的约束,科学规范正在沦为人文批评一类的东西,如不改观,这种科学现状将接近完成历史使命。

这一类话题不免过于沉重。当我们宏观乐道 150 亿年前的宇宙大爆炸,微观描述夸克禁闭、超弦时,面对中学生提出的一些科学基础问题,却使我们大伤脑筋。回顾 100 年前,物理学权威同样告知公众:科学的殿堂已尽善尽美,只不过天空远处有两朵小小的乌云。

颇有历史趣味的是,这两朵小小的乌云竟然在进入 20 世纪的 10 来年间翻成大浪,形成了今天我们熟知的相对论和量子力学。面临 21 世纪,物理学天空的乌云何止两朵? 且不论西方学者的见解如何,中国学者艾小白博士早在 1996 年的美国《科学》专著上,已提出物理学 97 个疑而未决的难题。如此观察,近百朵乌云有待扫除,科学岂可谈论终结?

由国防工业出版社出版的《物理学观察》，引起了东西方众多专家学者的重视，反映了部分中国学者对科学前景的乐观和进取精神。作为科学公众的一员，当我比较阅读《科学的终结》和《物理学观察》时，有一种强烈的感觉，那就是两书都从不同的侧面对科学理论现状和观念方法提出了不同程度的评议。不同的是，前者在人文趣谈之余的批评是科学沦为职业新宗教，而后者在讨论基础观念后预言物理学酝酿着深刻的思想理论变革。

《物理学观察》一书的立论明确，其所采用的理论历史比较分析和基础模型推广方法，形成了鲜明的特色，总结观点为：21 世纪科学理论进步的的生长点，与实验手段进步处于同样重要地位的是基础观念转换，对基础系统的描述并非唯一。

科学与宗教的本质不同，在于任一时期的科学理论所描述的都是相对真理，并与技术工业进步有依存发展的联系。从实用经济观点看：无论是研究唯象规律，还是侧重本性研究，可诱导技术工业进步的理论，即可以成为一种可接受的理论。而从发展的观点看：一种思想创新萌芽或原始理论，最终会伴随实验和理论深化而翻新发展，这就是科学方法研究所谈论的进步展望。

如同历史上出现过的众多科学思想书籍一样，《物理学观察》一书的基础思维转换和研究方法评价，以及可否在理论体系中深化已有的认识，可否对基础研究有点启发意义，有待今后的理论发展趋势检验。重要的是，众多研究观点的出现和交流，有利于扶植活跃的创新观念，体现了我国基础科学研究的“百花齐放，百家争鸣”。

杜长林

引 言

本书仅仅是一家不成熟之言——当著者有幸通过本书与读者交流一些观点时,请读者切不可因某些尝试性的论述而引起误解,为此著者郑重申明几点意见。

一、标准解释理论的权威性

物理学真理是一个相对的概念,从长远而言,物理学观念会因知识积累及实验现象的深化解释不断发展,不管现象是已有的还是新发现的,只要实验可重复进行。对于一段历史进程,在众多假说中会因现象解释成功、定量关系自洽及预言的方向性正确,从而形成权威解释,此即我们称之为标准理论的物理学相对真理。标准理论的重要意义不容置疑,它不仅汇集了前人积累的成果,形成内涵丰富的经验体系,而且启发后来者在标准理论的研究学习中进步。事实上,历史上一些重要观念和研究体系产生,无不得益于权威理论的影响。正是在这一意义上,人类对客观规律的认识未可穷尽,标准理论成为物理专业入门的基础途径,对于基础学习和理论研究尤为重要。

二、关于观念方法和研究方向

与数学发展相比较,物理学的基础公理系统研究近年颇为活跃,其中夹带从近代物理学产生就一直伴随的哲学评议。这些比较和评议往往令物理学家众说纷纭,物理学原则为一门实证科学,有关规律现象的解释权只属于物理学家。为寻求理论发展的生长点,近几十年投入基础研究的经费难于估价,然而实验结果与预计进程的比较往往难堵微词,使物理学界感到一种以往未体验过的压

力,这就是全球性的压缩基础研究开支。1995 年美国匹兹堡物理学大会的状况令人感慨,到会 5000 多名职业物理学家热烈讨论的话题,并不是使人振奋的发现进展报告,而是物理学前景,潜在的命题是:或许是评价一下观念方法和研究方向的时候了。这已成为近几年物理学职业群体的共识。

三、探讨可能免不了善意的评议

关于观念体系和基础研究的一些讨论,免不了试探性进入传统解释领域,观念有异带来的非物理效应往往令著者有所不安。在本书的综合整理过程中,得到一些德高望重的权威前辈指点,讨论领域尽可能只谈一些观点,切勿议论现有解释理论,以免陷入是非旋涡不可自拔,著者力图小心翼翼地把握好这一原则。使著者鼓足勇气付印,乃是由于物理学良好的传统学术气氛,事实上物理世界对假说和新观点历来开通且宽容。在规律研究的进程中,众多假说及伴其出现的观念说不定是有益的,基于这一理解,著者把一系列的实验观测现象解释作为论证始点。倘因一时疏忽,在不同解释中,偶尔冒犯标准模型理论及职业推广权威,绝不是著者的本意,恳望理解为善意的探讨评议。

四、本书仅仅是观念研究的参考书

物理学规律研究的基础观念,是伴随权威理论成功直接或间接补充定义的。例如物体产生加速度的原因,牛顿定义为相对惯性状态的力;原子不连续交换能量的特征概念,爱因斯坦赋予光量子解释,标准理论进一步在本性上定义为实物光子。显然提出定义概念的大师对本性研究格外慎重,然循后来的标准理论系统,一系列规律现象可得到自洽解释,并形成一整套相对实用的定量关系。本书对力和电磁作用的基础同构讨论,仅仅是便于表述关于研究方法的一些观点,认为物理世界的本性基础图景是不可分割的整体,未知是否合适。理论研究的生长点,一般不要寄望于标准理论不可解释的实验现象连续出现,较切实可行的途径,是透过一些通过观

念转换仍可解释的实验观测现象,回到基础研究有可能多一条路。关于方法研究和现代数学的发展都给出了启示:对基础系统的描述不是唯一的。

衡量一个物理模型和理论的价值,定量关系研究是普遍公认的标准。基于这一标准,对一些较直观简单的定量关系,书中列出了推导过程和实验数据验证,而对一些较复杂的定量关系,书中仅结合定性描述提出了基本量关系。对于精细计算规则,不同本性理解的同一现象规律描述是等价的,从严格的定量关系研究衡量,本书只是试图提出一些有关物理观念、作用规律与本性研究的不成熟观点。

物理学发展 300 多年来,特别是本世纪纵深实验分析已积累了无可估价的经验知识。面对 21 世纪,通过观念转换有可能综合出更加简洁、和谐和实用的物理学,普遍性原理的研究方法仍然有重大的技术生产指导价值。科学理论的发展,需要不计其数带创新观念的后来者继承和不断完善,可能需要一些关于观念和方法思考的研究参考书。这对于正在成长的专业学生或趋向更加成熟的新一代职业物理学家来说,或许是有益的,他们代表着有广阔前景的物理学明天。

著 者

1998 年 4 月(第 1 版)

1999 年 8 月(第 2 版)

目 录

第一章 牛顿世界的丰厚遗产	1
1.1 纯净空荡的牛顿天空	1
1.2 马赫对牛顿公理体系的质疑	5
1.3 成功后面的故事和启示	9
1.4 物理实验与科学理论	14
第二章 动力观念体系	21
2.1 动力观念与物体惯性	22
2.2 相互作用与广义第二定律	28
2.3 作用与反作用的概念推广	34
2.4 相互作用系数及定量计算	37
2.5 经典力学的概念体系自治	41
第三章 引力定律及其特征常量	47
3.1 引力定律推导的历史考察	48
3.2 引力表达式的新理解	51
3.3 引力作用量 G' 的普适范围	55
3.4 关于引力质量与惯性质量	59
3.5 引力定律留给后人的思考	63
第四章 电磁理论的几个启发性观点	70
4.1 电学概念体系及实验偏差	71
4.2 电子运动方程式的推证	77
4.3 电子自场能量和能荷比	83
4.4 电子的电磁半径与电子实	88
4.5 经典电磁学的历史局限	92

第五章 以太学说与相对论	97
5.1 以太观念的历史沉浮	98
5.2 观察实验及静止以太认识	101
5.3 相对论与惯性参照系	109
5.4 一些研究观点的介绍	115
5.5 基础研究进程的思考	122
第六章 新以太观念与场运动	128
6.1 作用的本源是以太运动	129
6.2 以太历史测量的理论误区	134
6.3 地球场以太运动的量级估算	138
6.4 以太运动的自然图景	143
6.5 引力和电磁作用的同源探讨	147
第七章 几个宏观测量的讨论	155
7.1 星光穿越太阳场的弯曲	155
7.2 星系光谱红移	161
7.3 类星体对红移理论提出的疑问	167
7.4 宇宙温度背景辐射	171
7.5 暗物质及有关论题	175
第八章 系统能量及层级作用	179
8.1 闭合运动系统交换能量的特征	181
8.2 作用与能量交换的层级规律	183
8.3 对引力佯谬和光度佯谬的解答	187
8.4 关于宇宙物质层级运动的理解	191
8.5 原子是一个闭合能量系统	196
第九章 量子观念的经典思考	201
9.1 大人国物理观念的启示	202
9.2 重温黑体辐射及普朗克量子假设	207
9.3 光电效应的核场作用解释	213
9.4 爱因斯坦对光量子的终生苦恼	217

9.5 测不准关系的实验本性意义	221
第十章 原子光谱规律的再观察	229
10.1 H 原子光谱及其频率关系	230
10.2 发光机制与谱线频率关系	236
10.3 光频差规律反映的电子运动图景	239
10.4 线强度的核场作用背景	243
10.5 新观点展示的理论意义	246
第十一章 电子运动定态规律初探	252
11.1 电子的实物本性	253
11.2 作用量子定态与集合光谱	259
11.3 背景能量对场作用态的影响	264
11.4 临界激发电势揭示的核场作用定态	268
11.5 电离电势揭示的核场作用定态	273
11.6 对原子系统结构的再理解	276
第十二章 新观点综述与判决性实验	281
12.1 相互作用的以太观念	282
12.2 场观念拓展的物质运动研究	286
12.3 以作用描述的一些基础定义	291
12.4 实验本性与流行诠释	296
12.5 本书尝试讨论的几个观点简列	301
12.6 有关实验简介与判决性实验	304
后 记	309

第一章 牛顿世界的丰厚遗产

对自然的向往和理解,常常使人体验到一种与生俱来的和谐美感及求知欲望,或许这是因为我们都从自然中来,最终又将回到大自然的缘故。作为自然科学技术的基础课,尽管接受教育的层面不同,职业和兴趣也因人而异,但牛顿物理世界的一些知识和概念用语,事实上伴随着每个人的成长和生活。

科学理论的意义,首先在于对生产技术和工业进步的指导作用,同时使其精髓有可能普及融汇到现代人的知识体系,现代物理世界已非 19 世纪的牛顿天空,进入 21 世纪的物理规律描述将更加直观、和谐而实用。如同哲学、数学等经典学科知识一样,物理学知识的学习和发展研究,同样有着重要的理论和现实意义,且不论人们关注的原因,是出于职业选择还是纯粹的研究兴趣,亦可理解为对自然规律和科学的一种信念。

1.1 纯净空荡的牛顿天空

似乎是近代物理学史话的悖论之一,物理学观念的改变到底是由实验观察的充分证据引起的,还是由物理学家透过已有的观察事实启发观念转变。假如 1543 年哥白尼的《天体运行论》伟大著作发表后,即可以动摇根深蒂固的传统思想基础,以致引发近代科学研究体系的形成,只是一种良好的科学愿望。

科学史的基本事实是,直到《天体运行论》发表半个世纪后,才开始由开普勒和伽利略发动了近代物理学的真正全面研究。开普勒在天文观察方面的丰厚研究成果,首先得益于一生与天文观察为伴却始终反对日心体系的第谷。第谷在 20 多年持之以恒的天文观察中,给开普勒留下了虽然有点混乱但却十分丰富的天文观察

资料,这也是第谷留给物理世界的丰富遗产。虽然第谷终生反对日心说,但他的实验观察科学精神一直受到物理学界的尊重。曾一度是第谷助手的开普勒通过天文观察资料的整理研究,提出了科学史上具有永恒价值的“太阳系行星运动三大定律”,其成果集中表现在《哥白尼天文学概要》(1618—1621)一书中。开普勒还以他丰富的资料来源,撰文支持伽利略在物理学的全面发展研究,当1610年伽利略出版《星际使者》时,只有开普勒公开支持伽利略,承认伽利略的一系列发现真实可靠,并立即发表《同星际使者的对话》。同一时期的伽利略,先是用他制造的望远镜,揭示出天空中激荡人心的图像,如月面的实际月貌、木星的卫星、金星的相位等,还发现并告知人们银河由无数恒星组成,使哥白尼的体系观念在观察实证中为人们所理解。

伽利略在物理研究方面的丰富成果,事实上成为近代物理学的第一位奠基人,被牛顿尊称为巨人。他在牛顿之前就总结出重力和重心的实质和数学表达式、自由落体运动定律($h = \frac{1}{2}gt^2$)、摆的运动研究、抛射运动研究等,流传于世并影响至今的,是物理学经典《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》(1632)、《两门新科学》(1638)等著作。更重要的是,伽利略在牛顿之前创立了较完整的科学思想和科学研究方法。他用研究简单的典型问题阐明自然界主要规律的方法,以及运用数学分析、实验验证和科学推理结合的方法都是开创性的,至今一直潜在地影响着我们的科学思维研究方法,以至伽利略被尊为科学实证之父,是实验为基础的自然科学先驱。爱因斯坦则认为伽利略的成就“标志着物理学的真正开端”。

在17世纪,伽利略之后形成体系纲领并处于竞争地位的是笛卡儿和牛顿两大学派。笛卡儿是解析几何的发明人。其哲学和物理学理念影响深远。他首先认识到空间与物质的统一性,空间只不过是相对物体的抽象表达,天上与地下的物质都是同构的,特别强

调物质与运动的统一性,强调运动是变化的根源。在处理物理学的具体问题上,笛卡儿偏重于演绎和哲学原理,强调推理模式具有数学推理的全部严格性及确定性,存在和运动仅停留在哲学表述而没有真正与实证研究融为一体。因此,尽管笛卡儿的物理体系成功地论证了动量守恒定律,但在笛卡儿体系中,实验和定量表述只处于次要的地位,这是笛卡儿体系终于在 17 世纪末黯然失色的主要原因。用 17 世纪后期著名科学家惠更斯的批评最恰当不过了,笛卡儿理论的失败在于没有充分地被当时的实验所证实。

在笛卡儿研究体系中有两个明确的观念:一是宇宙不存在真空,二是物体只有接触才能产生相互影响,因此物体吸引只是运动现象的一种客观描述,也不可能存在超距作用。笛卡儿坚持认为,空间每一部分总是充满相互作用的物质,而这些物质是无限可分的,重力本身就是由不可见物质的漩涡引起的。或许这一图景用数学原理描述太困难了,不仅在当时的实验观察上无法得到支持,而且用演绎方法重构一个过于庞大的事物体系,在方法上也是不可行的。因此在牛顿时代,笛卡儿的理论已经受不住来自数学和实证两方面的抨击,随着牛顿体系实验观察舆论的成功,笛卡儿的理论研究体系终于在 18 世纪趋于沉寂。

天文学和力学体系的确立者是天才的牛顿,这一影响深远的研究体系集中于他 1687 年出版的《自然哲学的数学原理》(以下简称《原理》)。在观念体系中,牛顿第一次明确而直接地定义了惯性和力的概念,将物体运动改变的原因归诸于力的作用,并把这一观念推广到天上物体运动的规律描述,提出行星运动原因和规律形成的万有引力作用学说。当牛顿推广他的体系时,目的之一是说明笛卡儿表述的物质相互作用形成的天体漩涡是不可能的,天体的规律运动是由于天体之间存在万有引力。这一研究纲领与笛卡儿体系的竞争发展,最终不可避免地带来了力学体系两个历来争议的传统观念:一是真空的观念,二是物体间可以发生超距作用的观念。

牛顿的同代人、天才的科学家惠更斯和莱布尼兹都尖锐地批判牛顿的观念体系,使得牛顿生前对概念解释十分慎重。例如,他否认对万有引力起源做过任何解释,承认他所做的,只不过是对于已经发现的、存在与物质实体之间的关系作数学描述,有时又赞成以太是引力起因的观点,认为以太在地球上或地球附近变得稀薄,而在太阳上或太阳附近最稀薄,赞成引力的作用反映了所有物体都向以太较稀薄的地方运动的趋势,以此描绘出一幅以太阳为中心的宇宙图景。

对于一个由牛顿力学主宰而非笛卡儿哲学解释的物理世界来说,这种历史回顾似乎是多余的,因为标准教科书对牛顿的万有引力已定论被确切证明,其概念体系已完全确立,力的本质及作用本性无需再在基础观念上讨论说明。简单的基础观念问题,往往只是由一些初涉科学而又爱思考的中学生提出,例如“地面的两个小球之间存在吸引力吗”这类貌似简单的提问。根据万有引力观念,我们告诉学生两个小球之间的确存在吸引力,只不过太微弱了,因此与地球吸引力相比可完全忽略不计。宇宙任何物体之间都存在本性固有的万有引力,这是近代科学产生 300 多年来的公众科学常识。本世纪广义相对论理论把万有引力诠释为惯性力,在基础观念上继承了引力的普适描述,将引力视为物体质量决定的空间属性,人们常常不自觉地忽略了传统引力学说最基础的本源问题——物体(质)引力到底是否应该是“固有、内在、本质”的问题。在传统引力理论主流和广义相对论引力学说中,这一本源问题已视为解决,但牛顿本人及历史上拥立这一体系的杰出追随者,事实上一向只把引力理论看作是力现象与物质相互作用的中间解答。牛顿于 1692 年致本特利的信中特别指出:“对物质来说,引力应该是固有的、内在的和本质的,一个物体可以通过真空中超距作用,而不需要任何其他中间媒介把它们的作用和力从一个物体传递到另一个物体,这种观点对我来说是如此的荒谬,我相信任何在哲学方面有健全思考能力的人都不会相信它。”

17~18 世纪的两大物理体系的竞争给后人留下深远的启迪,牛顿的最后胜利对科学史及科学研究方法都有特殊的意义。首先是,牛顿所继承伽利略的数学与实验方法结合的研究纲领,比笛卡儿从概念出发的演绎体系更优胜,其次是近代科学观察没有为笛卡儿的宇宙提供有力的证据。在本书展开的第一节中对上述事件作简单回顾,对于尊仰牛顿的重大成功来说,其意义远远超出了牛顿在物理学成功的范畴,牛顿采用的科学研究方法和关于方法的理论,其价值亦远远地超过了牛顿的物理学成就,从某种意义上来说,它形成了近代科学和近代科学哲学的基础。

讨论科学方法和科学哲学并不是本书的目的,当我们重新回顾这一段物理科学史,诗一般的历史性结论是:仰望天空,物理学不再呈现笛卡儿充满物质漩涡运动的宇宙,而是纯净空荡的牛顿天空。

1.2 马赫对牛顿公理体系的质疑

牛顿净荡天空映象的物理图景首先给予人直观和谐,同时,由于人们认为近代几次重大观察和天文预言的成功,在舆论上似乎已证明了牛顿力学公理体系的完美。从《原理》推出后两百年间,人们对力学规律的赞美几乎等价于对造物主的赞颂。仰头凝视这一牛顿天空图景,广阔的宇宙给人带来的直观宁静及和谐,远不是热情洋溢的文学家、惯于体系思辩的哲学家或追求本质规律的科学家所能尽言的。

在这一天空下代代延续生存探索的人们,似乎并不一致满足于仰头凝视的宁静和谐,总有人试图探知在宁静和谐下的深层规律,总有人对作为基础观念的“力”以及用力描述的一些基本概念寻根究源。在人们一代接一代的探求下,似乎并未从根本上统一关于力的本质是什么这一认识,相反,人们对力学现象的深化讨论在历史上一次又一次地被提出来。问题的根本是:惯性的本质是什

么,自然界到底存不存在超越物质系统作用的、作为物质本性定义的力。也就是,引力的本性是由物质固有属性决定的,还是物质运动传递的一种作用现象。

对力的观念原由,可追溯到公元前古希腊哲学家亚里士多德,其核心思想表述为“力是物体运动的原因。”伽利略通过对小球在光滑斜面上滚动的观察,研究指出,力不是维持物体运动的原因,而是使物体运动状态改变的原因。据考证,牛顿用惯性表达的这一物体运动属性,是牛顿继承和发展了伽利略的见解,同时,牛顿第一运动定律还间接地定义了:在绝对空间中存在不受外力作用的物体,亦即存在绝对静止的物体。

在《原理》推出并主宰物理学近两个世纪期间,据物理学史记载都没有人在牛顿确立的这一力学规范之外研究讨论力学现象,这种状况一直延续到 19 世纪下半叶,直到 1883 年,在马赫出版的《力学及其发展的历史批判概论》一书中,才第一次提出有分量的质疑。在马赫的质疑中,有几个著名的观点,这些观点对力学研究的影响一直延续至今,对相对论观念和现代物理思想的形成尤其重要。

1.2.1 马赫对质量定义见解

在质量的概念定义上,牛顿是用物体的密度和体积的乘积来定义的。马赫认为,这种伪定义会在逻辑上陷入循环定义,因为物体密度的概念本身也是由单位容积中的质量来定义的,人们事实上不可能找到适合说明质量概念的“所含物质的量”来表述,这种定义本身是不清晰的,不能作为物理学基础定义。马赫主张,应从物体运动的惯性来度量物体的质量,当两个物体相互作用时,两物体的反向加速度的比例是一定的,只决定于这两个物体中的某种属性,这种属性我们可以称之为质量。这种靠实验原理定义的质量,较之牛顿的质量定义更客观实在,可以避免牛顿质量定义的逻辑循环。更重要的是,这一质量定义本身,已包含了牛顿第三定律所要表述的物理内容,使之成为多余。源于马赫思想的质量概念定