

力学名著译丛

力学中的相似方法 与量纲理论

〔苏〕Л. И. 谢多夫 著

科学出版社

力学名著译丛

力学中的相似方法与量纲理论

〔苏〕Л. И. 谢多夫 著

沈 青 倪锄非 李维新 译

李维新 校

科 学 出 版 社

1 9 8 2

内 容 简 介

本书叙述了各物理量的一般量纲理论、力学和物理相似理论和模拟理论。

给出了为建立船舶流体力学、航空、爆炸技术、天体物理和其他问题等方面的基本力学规律而利用相似与量纲理论的一些典型例子。发展了连续介质的自模拟运动的一般理论。爆炸波在气体中传播的理论和气体一维不定常运动的理论。给出了原子弹空中爆炸的气体动力学理论的基础。研究了粘性流体运动问题，发展了均匀湍流理论。发展了管道中气体流动进行平均化的理论，讨论了有关模拟的问题和压气机工作的无量纲特征量的问题，还研究了发动机的喷气推力的理论以及亚声速和超声速飞行的理想推进器的效率的理论。

本书可供有关科技工作者和高等院校师生阅读。

Л. И. Седов

Методы подобия и размерности в механике

Изд. «Наука», Изд. 8-е, переработанное, 1977

力学名著译丛

力学中的相似方法与量纲理论

〔苏〕Л. И. 谢多夫 著

沈 青 倪锄非 李维新 译

李维新 校

责任编辑：谈德颜

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 12 月 第 一 版 开本：850×1168 1/32

1982 年 12 月 第一次印刷 印张：14

印数：0001—5,500 字数：367,000

统一书号：13031·2088

本社书号：2852·13—2

定价：2.60 元

第一版序言

在物理学与工程技术中从事实验和实际计算的时候，经常必须注意同现象的物理相似性及所考察的量的量纲有关的各种情况。建造飞机、船舶、堤坝以及许多其它复杂的工程结构，都要以事先的广泛研究为基础，其中模型试验起着重要的作用。在量纲与相似理论中，建立了在模型试验中所应遵循的条件，并能把那些对确定基本效应和过程的性状有代表性的和合适的参量挑选出来。此外，将量纲与相似理论的考虑同对物理现象机理的一般定性分析结合起来，在许多情况下，可以成为有效的理论研究方法。

在学校里一开始学习物理的时候，或者在研究工作中在确立新问题的最初阶段，我们就会遇到量纲理论与模拟问题。还要补充说明一点，就是这些理论具有极其简单和初等的特点。尽管如此，关于现象的相似性的考虑，直到不久以前才得到广泛的传播和有意识的利用，例如在流体力学中这还只是近三、四十年中的事。

众所周知，在教科书和高等院校的教学实践中，对这些理论的讲述通常有许多不足之处；照例，这些问题只是顺便提及和一带而过。甚至就连有量纲量与无量纲量这样一些基本概念、基本量度单位的数目的问题等等，也不作清晰的阐明。然而，量纲概念涵义上的模糊观念和直观认识，往往是产生下述看法的根源：即给量纲公式加上某种神秘的或特别隐晦的物理意义。在某些情况下，这种含混导致令人困惑莫解的佯谬。在本书中，联系到瑞利(Rayleigh)关于物体在流体流动中散热的结论，我们将详细地剖析一个这种误解的例子。在阐述相似理论的时候，常常引用了与相似理论的本质无关的一些关系式和数学工具。建立量纲与相似理论，正如建立任何一般的理论那样，总希望借助于与该理论的本质相适合的方法和前提来进行。这样做，就可以清楚地探明该理

论的局限性和适用性。这对于量纲与相似理论尤为必要，因为常常会遇到两种极端的见解：一种认为它是万能的，另一种则认为它是无用的。这两种见解都是不正确的。

然而应当指出，将量纲理论的考虑同那些本身不直接给出有意义结论的一般物理假设结合起来，可以得到极为重要和有用的结果。因此，为了较全面地阐述各种应用，我们将讨论一系列力学问题和一些把量纲方法与各种另外的力学及数学的定性推理结合起来的实例。

这就促使我们要较详尽地涉及流体的湍流运动问题。在湍流理论中，相似方法乃是可使用的基本理论方法，因为在这个领域中，我们还没有能使力学问题化为数学问题的封闭方程组。在有关流体湍流运动的章节中包含了一些新结果，它们补充和阐明了湍流理论的某些问题。除了相似与量纲方法应用方面的例子外，我们还力图阐明一系列对工程技术极为重要的力学问题的提法，其中有些问题是新的，并且还很少进行深入研究。

考虑到有助于对各种力学关系的本质的一般理解，同时也出于某些独立的要求，我们将较为详细地讨论表述为牛顿第二定律的力学基本方程。我们就这个问题所叙述的观点不是新的，但是，它与一些普遍流行的理论力学教科书中对这一力学基本问题的论述大不相同。

量纲与相似理论在力学上的应用，已经知道的有很多方面，其中有许多我们没有涉及。作者希望，本书将给读者提供有关这些方法的典型用法及其适用范围的概念，以使读者在研究新问题和提出、处理新实验时有所裨益。

阅读本书的大部分内容不需要专门的预备知识。但是为了理解本书后半部分的材料，必须具有流体力学的某些一般知识。

Л. 谢多夫

莫斯科，1943 年

第三版序言节录

对于描述现象所用的特征量，可以选取不同的量度单位和物理尺度；数学和物理规律对于这种选择具有不变性。近年来，在科学研究中越来越广泛地引进了利用这些性质的一些设想和方法。

不久前还流传着一种意见，认为相似与量纲理论方法不具有头等价值，可是与此相反，近来有越来越多的科学工作者认识到，这些方法既有实践上又有理论上的价值并有一定的生命力。

可以说，现代数学和物理学中的基础理论，即相对于坐标变换的不变量几何理论，与量纲和相似理论之间有某种类似之处。

自本书第一版问世以来，又出现了相似与量纲理论的许多新的应用：在各种各样物理学的、连续介质力学问题上的应用，在某些同利用群论求解微分方程有关的数学问题上的应用¹⁾，以及在商品和产品的抽样检验的统计学问题上的应用²⁾。

为了更加强调相似与量纲理论的基本思想，在第三版中作了一些修订和补充。例如，在证明 Π 定理的推演过程中就这样做了。又如，现象的动力学相似性（或更一般地说物理相似性）的定义，论述得更更为详细了。这种新的定义，在讲述相似性问题时还不是普遍采用的定义，但按实际的观点，它抓住了物理相似过程的本质特征；此外，它便于直接运用，并且看来完全可以满足各种应用的全部需要。

1) 在这方面我们指出不久前出的一本书：Birkhoff G., *Hydrodynamics. A Study in Logic, Fact and Similitude*. Princeton Univ. Press, 1950 (俄译本由 М. И. Гуревич 编：Биркгоф Г., *Гидродинамика, постановка задач, результаты и подобие*. М., ИЛ, 1954)。

2) 参阅 Drobot S. and Warmus M., *Dimensional Analysis in Sampling Inspection of Merchandise*. *Rozprawy Matematyczne*, V. Warszawa, 1954.

在第四章中所补充的是某些爆炸问题和冲击波衰减问题，以及气体一维运动一般理论的某些内容。在新的第五章¹⁾中，论述了气体的一维不定常运动理论与量纲方法在天体物理学的某些问题上的应用。

在第四章的补充中和第五章中所阐述的理论，相当大部分是全新的。所提供的气体动力学问题的提法和解，可以看作是量纲方法在天文学方面应用的示例，并可看作是在研究宇宙演化学问题时可资利用的、模拟的、简单理想运动的知识储备。其中一部分结果是作者同他的年轻学生一起于1952—1953年间在国立莫斯科大学结合流体力学讨论班的工作而获得的。

H. C. 麦利尼科娃和 C. И. 西多尔金娜参与写出第四章 §14, B. A. 瓦西利耶夫和 M. И. 李多夫参与写出第四章 §16 之 I, И. M. 雅沃尔斯卡娅参与写出第五章 §6。

作者对他们谨表示诚挚的感谢。

Л. 谢多夫

莫斯科, 1954 年 3 月

1) 在第六版中, 此章变成第六章。

第六版序言

在这第六版中,增加了第五章“气体机械理论引论”,并在第一、四、六诸章中作了某些补充。对以前版本中原来的文字作了修订,改正了发现的错误。

增添了对近年来发表的论著的援引。其中特别应当提到 В.П. 科罗别伊尼科夫、Н. С. 麦利尼科娃和 Е. В. 里亚扎诺夫的书《Теория точечного взрыва》(《点爆炸理论》),该书系与本书相衔接并包含有爆炸理论的进一步发展。

Н. С. 麦利尼科娃对本书正文作了普遍的校订与改进,在她的关注下,还作了补充计算和绘制了新图,作者对她不胜感激。

Л. 谢多夫

莫斯科,1967年2月

第 八 版 序 言

与先前的版本比较,在本版中作了某些补充、解释和改进。

最重要的补充是将我们早已发展并在本书第一版(1944年)中发表的均匀湍流理论同最新实验所作的比较。现在,经过了三十年,情况表明,以利用量纲与相似理论的方法为基础的这一理论,与这一段时间内所获得并发表的实验结果完全吻合。

还需要指出的是,在第四章和第六章中所叙述的气体动力学的和量纲理论的方法,逐渐渗透到现代天体物理学研究和许多别的科学领域的实践中。

现在,与各种变量和常量的量纲有关的和与物理相似性有关的考虑,在科学和技术各种分支的基础问题和实际问题的提法中,到处得到广泛的应用。

Л. 谢多夫

莫斯科, 1976年5月

目 录

第一版序言	iii
第三版序言节录	v
第六版序言	vii
第八版序言	viii
第一章 一般量纲理论	1
§ 1. 引言	1
§ 2. 有量纲量与无量纲量	2
§ 3. 基本量度单位和导出量度单位	4
§ 4. 关于量纲公式	9
§ 5. 关于牛顿第二定律	11
§ 6. 物理量之间的函数关系的结构	17
§ 7. 确定一类现象的参量	22
第二章 相似性、模拟和应用量纲理论的各种例子	25
§ 1. 数学摆的运动	25
§ 2. 重液体通过水堰的出流	28
§ 3. 流体在管道中的运动	30
§ 4. 物体在流体中的运动	35
§ 5. 物体在流体流动中的散热	41
§ 6. 现象的动力学相似与模拟	45
§ 7. 刚体在可压缩流体中的定常运动	55
§ 8. 流体内的不定常运动	60
§ 9. 船舶的运动	65
§ 10. 滑水	72
§ 11. 击水	79
§ 12. 锥和楔以常速进入流体	86
§ 13. 不可压缩流体表面上的小振幅波	89
§ 14. 连续介质的空间自模拟运动	97
第三章 在粘性流体流动理论和湍流理论方面的应用	101
§ 1. 粘性流体中涡旋的扩散	101
§ 2. 粘性不可压缩流体运动方程的精确解	103
§ 3. 粘性流体绕流平板时的边界层	110
§ 4. 不可压缩流体的各向同性湍流运动	115
§ 5. 定常湍流运动	151
第四章 气体的一维不定常运动	165

§ 1. 具有球面、柱面和平面波的气体自模拟运动	165
§ 2. 自模拟运动的常微分方程和间断上的条件	174
§ 3. 自模拟运动的代数积分	188
§ 4. 极限趋于自模拟的运动	198
§ 5. x, V 平面上积分曲线场的研究	201
§ 6. 活塞问题	212
§ 7. 气体聚焦于一点和自一点飞散的问题	215
§ 8. 球面爆轰	217
§ 9. 火焰的传播	225
§ 10. 可燃混合气体中任意间断的分解	230
§ 11. 强爆炸问题	235
§ 12. 考虑反压的点爆炸	267
§ 13. 关于爆炸时的最大压力和冲量的模拟和公式	282
§ 14. 变密度介质中的强爆炸问题	292
§ 15. 速度与至对称中心的距离成正比时的气体不定常运动	305
§ 16. 关于气体一维运动的一般理论	317
§ 17. 冲击波衰减的渐近规律	332
第五章 气体机械理论导引	343
§ 1. 关于管道中非均匀气流的平均化	343
§ 2. 相似性条件和确定压气机特性的无量纲参数	359
§ 3. 关于理想螺旋桨和理想空气喷气发动机的飞行效率	370
第六章 在天体物理学上的应用	379
§ 1. 一些观测数据	379
§ 2. 关于模拟星体的气体物质的平衡方程和运动方程	389
§ 3. 光度—质量和半径—质量规律性的理论公式	395
§ 4. 星球平衡方程组的一些简单解	400
§ 5. 关于造父变星的亮度变化周期和平均质量密度之间的依赖关 系	406
§ 6. 关于新星和超新星爆发理论	409
内容索引	435

第一章 一般量纲理论

§ 1. 引言

在研究力学现象时,要引进一系列概念,诸如能量、速度、应力等等,它们表征所研究的现象,而本身则可以用数给出和确定。

所有关于运动和关于平衡的问题,可以表达为对表征现象的量确定某些函数和数值的问题,并且,在求解这些问题时,自然定律和各种几何关系都表示为函数方程——通常是微分方程的形式。

在作纯理论研究的时候,这些方程用来确立运动的一般定性性质,和用来借助于各种数学运算实际计算出未知的函数关系。但是,力学研究并不总是可以通过数学推理和计算来实现。在许多情况下,求解力学问题遇到了难以克服的数学困难。往往,我们根本没有问题的数学提法,因为所研究的力学现象是如此复杂,以至对它还没有满意的模型,还没有运动方程组。在求解航空力学、流体力学领域中的许多非常重要的问题时,在研究各种结构的强度和变形等等问题中,我们也经常遇到这种情况。在这些情况下,实验研究的方法起着主要的作用,它使人们有可能弄清最简单的经验事实。一般地说,对自然现象的一切研究都是从弄清最简单的经验事实入手,根据这些事实就可以确立支配所研究现象的规律,并将它们写成数学关系式的形式。

为了正确地提出实验方案和处理实验数据,使其结果能够用来建立一般的规律性,并能够应用于没有直接做过实验的场合,就必须深入地理解所研究问题的本质,并作出一般的定性分析。此外,实验方案本身(实验结果表现为一系列数据,反映所研究的对象各方面的特性)也只有事先的理论分析的基础上才能够提出。

在安排试验时,以及一般对于实践来说,正确地选取无量纲参量是非常重要的.无量纲参量的数目应尽可能地少,而被选定的参量又应以最合适的形式反映出基本效应。

量纲与相似理论提供了进行这种事先的定性理论分析和选取无量纲主定参量组¹⁾的可能性.该理论可以用来研究极其复杂的现象,并且大大简化实验数据的处理工作.不仅如此,今天要卓有成效地提出实验和处理实验结果,不考虑相似与量纲问题是不可思议的.有时,在某些复杂现象的开始研究阶段,量纲理论是唯一可行的理论方法.然而,也不应过高估价这种方法所能起的作用.用量纲理论所能得到的结果是有限的,并且在许多情况下是非实质性的.另一方面,那种认为量纲理论一般不可能给出重要结果的流传甚广的看法,也是完全错误的.将相似理论与从实验得出的或通过数学途径从运动方程得出的启示结合起来,有时可以导致相当重要的结果.通常,无论在理论上还是在实践上,量纲与相似理论都带来很多效益.用这一理论所获得的所有结果,总是用十分简单、初等的方法并且几乎是没有什么困难地得到的.尽管如此,但要将量纲与相似理论方法应用于新问题时,则要求研究人员有相当的经验和对所研究现象的本质有透彻的了解²⁾.

有些现象依赖于大量参量,而其中有些参量在一定的情况下变得无关紧要,在研究这些现象时,用量纲理论可以得出特别有价值的结论.以后我们将举例说明这些情形.在模拟各种现象的时候,量纲与相似理论方法起着特别大的作用。

§ 2. 有量纲量与无量纲量

一个量,若其数值依赖于所采用的尺度,即依赖于量度单位

1) 主定参量 (определяющие параметры), 系指问题中起决定作用的参量; 主定参量组, 系指起决定作用的参量的全体, 亦即被研究的问题所依赖的全部参量。

——译、校者注

2) 关于问题的提法, 详见: Седов, Л. И., Механика сплошной среды, Т. I и II, «Наука», Москва, 1976.

制,则此量称为有量纲量或名数;一个量,若其数值与所采用的量度单位制无关,则此量称为无量纲量或不名数。例如,长度、时间、力、能量、力矩等等是有量纲量;角、两个长度之比、长度的平方与面积之比、能量与力矩之比等等是无量纲量。

然而,把量区分为有量纲的和无量纲的,在某种程度上是有条件的。例如,我们刚才说角是无量纲量,但是,众所周知,角可以用弧度、度、直角的分数等各种单位来量度。因此,确定一个角的大小的数值依赖于量度单位的选取。所以,角也可以看作是有量纲量。我们把角定义为它所张圆弧的弧长与半径之比,这本身就唯一地确定了角的量度单位——弧度。现在如果在所有的量度单位制中都只用弧度来量度角,则角就可以看作是无量纲量。同样,如果在所有的量度单位制中对长度都采用唯一的固定的量度单位,那么,此后长度就可以认为是无量纲量。但是,对角固定量度单位是方便的,而对长度则不方便。这是因为,对于几何相似的图形,对应的角相等,而对应的长度却不等,所以,在不同的问题中宜于选取不同的距离作为基本长度。

加速度通常认为是有量纲量,其量纲为长度除以时间的平方。在许多问题中,重力加速度 g (等于真空中自由落体的加速度) 可以认为是常量 (9.81米/秒^2)。可以把这个常加速度 g 取作所有单位制中的加速度的固定量度单位。这时,任何一个加速度都以其量值与重力加速度的量值之比来量度。这个比值称为“过载”,其数值不随量度单位的变化而变化。因此“过载”是无量纲量。但与此同时也可以把“过载”看作是有量纲量,即看作是把等于重力加速度的加速度取作量度单位时的加速度。在这后一情况下,我们假定了也可以把不等于重力加速度的加速度取作“过载”(加速度)的量度单位。

另一方面,不名数(无量纲量)按其通行的意义可以用各种数来表示。事实上,两个长度之比不仅可以用通常的算术商数表示,而且也可以用百分比以及其它方式来表示。

因此,有量纲量与无量纲量的概念是相对的概念,我们可以采

用各种各样的量度单位。于是，一个量，若在所有被采用的量度单位制中其量度单位都相同，我们就称之为无量纲量；一个量，若在实验或理论研究中实际上或潜在地（明显地或隐含地）允许有不同的量度单位，我们就称之为有量纲量。由此定义可见，有些量，在一些情况下可以看作是有量纲量，而在另一些情况下则可以看作是无量纲量。以上我们列举了这样的例子，以后我们还会遇到许多这样的例子。

§ 3. 基本量度单位和导出量度单位

各种物理量都以一定的关系式互相联系着。所以，若将其中某些量取作基本量并给它们规定某些量度单位，则所有其余各量的量度单位将以确定的形式通过基本量的量度单位来表示。我们把基本量所采用的量度单位称为基本的或原始的量度单位，而所有其余的则称为导出的或派生的量度单位。

在实践中，对三个量建立量度单位就够了。究竟取哪三个，则要视各个问题的具体条件而定。在不同的问题中以取不同的量的量度单位作为基本单位为宜。譬如，在物理学研究中以取长度、时间和质量的单位作为基本单位为宜，而在工程技术中则以取长度、时间和力的单位为宜。但是也可以取速度、粘性和密度等量的单位作为基本量度单位。

现在普遍采用绝对量度单位制和工程量度单位制。在绝对单位制中采用厘米、克、秒作为基本量度单位（因而简称为 CGS 制），而在工程单位制中则采用米、公斤、秒作为基本量度单位（因而简称为 MKS 制）。

长度单位——米（=100厘米）、质量单位——千克（=1000克）和时间单位——秒都是根据一定的协议用实验确定的。在1960年以前，取存放在法国度量衡局的铂铱合金制的长度原器的长度作为1米，取存放在该局中的铂铱合金制的质量原器的质量作为

1 千克,取平均太阳日的 $1/(24 \times 3600)$ 作为 1 秒¹⁾。

从 1963 年 1 月 1 日起苏联国家标准 (ГОСТ 9867—61) 采用统一的国际单位制 (SI)²⁾。在国际单位制中,取米、千克、秒作为基本的力学量度单位,取安培作为电流强度的单位,取开尔芬 (Kelvin) 温标的度作为温度的单位,取烛光作为发光强度的单位³⁾。

基本量度单位一经确立,其它的力学量(例如力、能量、速度、加速度等等)的量度单位就由它们的定义自动得出。

通过基本量度单位表示的导出量度单位的表达式称为量纲。量纲可用符号写成公式的形式,其中长度单位的符号记作字母 L , 质量单位的符号记作 M , 时间单位的符号记作 T (在工程单位制中力的单位的符号记作 K)。只有在确定的量度单位制中方能谈论量纲。例如,面积的量纲是 L^2 , 速度的量纲是 L/T , 在绝对单位制中力的量纲是 ML/T^2 , 而在工程单位制中则为 K 。

以后我们将使用麦克斯韦 (Maxwell) 引进的符号,即用 $[a]$ 来记任一量 a 的量纲。例如,绝对单位制中力 F 的量纲就记作:

$$[F] = \frac{ML}{T^2} \text{ 或 } \frac{ML}{T^2} = K.$$

当从一种量度单位制转换到另一种时,量纲公式对于有量纲

-
- 1) 在第 XI 届度量衡大会 (巴黎, 1960 年) 上修订了基本单位的基准的定义。取等于与氪-86 原子在 $2p_{10}$ 和 $5d$, 能级间跃迁相应的辐射在真空中的波长的 1650763.73 倍的长度作为 1 米。取历书时 1900 年 1 月 0 日 12 时的回归年的 $1/31556925.9747$ 作为 1 秒。

质量的单位仍为存放在法国度量衡局的铂铱合金制的原器的质量。

- 2) 想要更详细地了解新单位制 SI 的读者,例如可以参看下册: А. Чертов, «Международная система единиц измерения», «Высшая школа», М., 1967 г.
- 3) 在 1948 年第 IX 届国际度量衡会议上确定了电流强度、温度和发光强度的基本单位的基准。在真空中间距为 1 米的两根具有可忽略的小圆形截面的无限长平行直导线中流着稳恒电流时,如果此电流在这两根导线间引起作用在每米导线长度上的力为 2×10^{-7} 牛顿 (牛顿为 SI 单位制中的机械力的单位, 1 公斤 = 9.8 牛顿), 则即取此稳恒电流的强度为 1 安培。

把按热力学温标的温度量度单位取作开尔芬温度 1 度, 在这个温标中水的三相点温度定为数值 $273.16^\circ K$ 。

把发光强度的单位取作 1 烛光, 它的值这样取, 使得在铂凝固点温度时的完全辐射体 (绝对黑体) 的亮度等于 60 烛光/厘米²。

量的数值换算是方便的。例如，在以厘米和秒来量度重力加速度时我们有 $g = 981$ 厘米/秒²。如果必须把这些量度单位转换为公里和小时，则为了换算上述重力加速度的数值应利用下列关系：

$$1 \text{ 厘米} = \frac{1}{10^5} \text{ 公里}, \quad 1 \text{ 秒} = \frac{1}{3600} \text{ 小时},$$

所以

$$g = 981 \frac{\text{厘米}}{\text{秒}^2} = 981 \frac{\frac{1}{10^5} \text{ 公里}}{\left(\frac{1}{3600}\right)^2 \text{ 小时}^2} = 98.1 \times 36^2 \frac{\text{公里}}{\text{小时}^2}.$$

一般地说，如果在新的量度单位制中，长度、质量、时间的单位分别缩小到原来单位的 $1/\alpha, 1/\beta, 1/\gamma$ ，则具有量纲 $[a] = L^i M^m T^n$ 的物理量 a 的数值，在新的单位制中将增大为原来值的 $\alpha^i \beta^m \gamma^n$ 倍。

基本量度单位的数目不一定要等于 3。也可以取三个以上的基本单位。例如，可以通过实验建立长度、时间、质量和力这四个量的相互独立的量度单位。这时，牛顿方程取如下形式：

$$F = cma,$$

其中 F 是力， m 是质量， a 是加速度， c 是具有量纲

$$[c] = \frac{KT^2}{ML}$$

的常数。

在这样选取基本单位时，在力学量的量纲公式中一般情况下将有四个自变量。上面写出的方程中的系数 c 是物理常数，类似于重力加速度 g 或下列万有引力定律中的引力常数 γ ：

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

这里 m_1 和 m_2 是两个质点的质量， r 是它们之间的距离。系数 c 的数值同基本量度单位的选择有关。

如果认为常数 c 是等于 1 或不等于 1 的不名数（从而在所有的量度单位制中 c 都取同一数值），那么这样一来，力的量纲就通过质量、长度和时间决定，并且力的量度单位将由质量、长度和时