

大学物理

(管理类或文科各专业适用)

吴明阳 常同钦 编

郑州轻工业学院

2000 年 9 月

PDG

15-101

绪 论

1. 物理学及其意义

古希腊人把所有对自然界的观察和思考,笼统地包含在一门学问里,那就是自然哲学。科学分化为天文学、力学、物理学、化学、地质学等,只是近几百年的事。在牛顿的时代里,科学和哲学还没有完全分家。牛顿划时代的著作名为“自然哲学的数学原理”,就是一个明证。物理学最直接地关心自然界最基本规律,所以牛顿把当时的物理学叫做自然哲学。17世纪牛顿在伽利略、开普勒工作的基础上,建立了完整的经典力学理论,这是现代意义下的物理学的开端。从18世纪到19世纪,在大量实验的基础上,卡诺、开尔文、焦耳、克劳修斯等建立了宏观的热力学理论,克劳修斯、麦克斯韦、玻尔兹曼等建立了说明热现象的气体分子动理论,库仑、奥斯特、安培、麦克斯韦、赫兹、托马斯·杨、菲涅耳等建立了电磁学理论和光学理论。至此,经典物理学理论体系的大厦巍然耸立。然而,正当大功甫成之际,一系列与经典物理学的预言极不相容的实验事实相继出现,人们发现大厦的基础动摇了。在这些新实验事实的基础上,20世纪初,爱因斯坦独自创立了相对论,先后在普朗克、爱因斯坦、玻尔、德布罗意、海森伯、薛定谔、玻恩、狄拉克、泡利等多人的努力下,创立了量子论和量子力学,相对论和量子力学奠定了近代物理学的理论基础。物理学从此由经典走向现代,发生了革命性的变更,步入了一个崭新的发

展阶段,开辟了近代科学的新纪元,物理学也成为自然科学的领袖和先驱。特别是第二次大战以来的半个多世纪中,许多分支学科像雨后春笋般地纷纷问世,如原子物理、原子核物理、量子统计、量子场论、凝聚态物理、等离子体物理等等,所有这些学科对我们进一步了解自然,创造新技术具有重要意义;而原来的各分支学科又都有了自己的新的前沿,如在光学领域中出现了量子光学、非线性光学、激光光谱学等。所有这些分支学科可以说都是在相对论和量子力学的指导与影响下发展起来的。另一方面,随着整个自然科学技术的发展,物理学与其它学科之间的相互渗透,又形成了一系列边缘、交叉学科,它们都不断地取得了长足的发展,诸如化学物理、生物物理、大气物理、海洋物理、地球物理、天体物理、量子化学、量子生物学等等。数学对物理学的发展,当然是起了重要作用的,可是物理学特别是现代物理学也有力地促进了现代数学的发展。什么是物理学?物理学是关于自然界最基本形态的科学,它研究物质的结构和相互作用以及它们的运动规律。具体而言,物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式,它们的性质、运动、和转化以及内部结构,从而认识这些结构的组元及其相互作用、寻找到运动和转化的基本规律。试用一句话来概括,可以说:物理学是探讨物质结构和基本运动规律的学科。尽管这个相当广泛的定义仍难以刻画出当代物理学极其丰富的内涵,不过有一定是肯定的,即与其它学科相比,物理学更着重于物质世界普遍而基本的规律的追求。

当今物理学领域包含的尺度从小到质子(proton)的半径 10^{-15}m ,直到目前可探测到的最远的类星体(quasar)的距离 10^{26}m ;包含的时间从短到 10^{-25}s 的最不稳定粒子的寿命.直

到长达 10^{39} s 的质子的寿命。研究包含如此宽广范围的物理现象,发明为观测自然界所需要的更为有效的实验工具,创立使我们能够解释已经观测到的物理现象的理论,寻找到决定现象变化的基本规律,这些就是物理学的目标和成就。

物理学是一切自然科学的基础。这可以从三个方面来说明,物理学所研究的粒子和原子等,构成了蛋白质、基因、器官、生物体、一切人造的和天然的物质、陆地、海洋、大气、宇宙,在这个意义上讲,物理学是这些有关学科的基础,其它学科中都包含了物理过程和物理现象;这些学科无一例外地把物理学创造的科学语言和基本概念作为自身的最基本语言和概念;任何自然科学的理论都不能与基本的物理定律相抵触。而且当一门学科发展到精确水平时,都需要一整套物理科学方法支持,如地球物理、量子化学、量子生物学等等。其实现代物理学以及包含在其中的新观念、新思想和新方法在许多方面已经变成了人类有史以来认识和改造世界的最强有力的工具。它教会人们如何从直觉的见解上升为科学的思维,并使人们认识到要更好地认识和驾驭宏观,必须要了解和掌握微观。正是有了现代物理学的新思想、新概念、新方法,其它自然科学才得以迅速发展。同时物理学为各类学科创造了最先进的观察和测量仪器。如量子理论对元素周期表的解释使化学取得了牢固的基础,化学中的许多新领域如化学键理论、分子和量子化学、化学动力学等则更是直接在量子力学基础上建立起来的。我们现在可以说,化学就是分子原子水平的物理学;对于生物学,不少人说第一代分子生物学家是被薛定谔的《什么是生命》这本书所催生的,薛定谔是量子力学的创建者之一,他认为有机生命在逻辑上的稳定性必然具有物质的、分子

的基础。对生命问题的看法导致了DNA和RNA分子结构的发现。值得一提的是,该发现是在分子物理实验室中得到的,而该发现本身又开创了生物学研究领域的新纪元。对于宇宙学,非常有趣的是,物理学家发现在深度微观领域中得到的关于真空和物质结构的知识可以应用到宇观领域。在深度微观领域的真空中包含了巨大而丰富多彩的能量和物质涨落过程,一旦由于某种扰动而发生“大爆炸(big bang)”,然后不断膨胀,线度随之扩大,经过大约100亿年之后便形成我们现今的宇宙。

物理学的发展,广泛而直接地影响了社会生产和生活的各个方面,成为科学技术和社会发展的巨大推动力。18世纪60年代开始的第一次技术革命,主要的标志是蒸汽机的广泛应用,它是牛顿力学和热力学发展的结果。19世纪70年代开始的第二次技术革命,主要的标志是电力的广泛应用和无线电通讯的实现,它是电磁学发展的结果。20世纪40年代兴起并一直延缓续到今天的第三次技术革命,是近代物理学发展的结果,它的特点是出现了一系列新技术和高技术,并在此基础上创造了一系列的新产品和新装置,深刻地改变了人类的物质生产和精神生活。

2. 物理学的重要性

物理学的发展,一方面为人类社会创造现代物质文明发挥着重要作用,另一方面也将对人类的精神文明产生深远影响。当然,物理学的发展像一把双刃剑,它带给人类的也不全是光明,它在为创造人类的幸福提供了空前未有的无限能力的同时,也使人类掌握了可以毁灭地球上一切生命的能力。所以物理学有必要、也有能力与人文社会科学结合起来,解决当

今和平与发展的迫切课题。

1999年3月于美国亚特兰大市召开的第23届国际纯粹物理与应用物理联合会(IUPAP)代表大会通过的决议五“物理学对社会的重要性”指出:“物理学—研究物质、能量和它们的相互作用的学科—是一项国际事业,它对人类未来的进步起着关键作用。对物理教育的支持和研究,在所有国家都是重要的,这是因为:

物理学是一项激动人心的智力探险活动,它鼓舞着年轻人,并扩展着我们关于大自然知识的疆界。

物理学发展着未来技术进步所需要的基本知识,而技术进步将持续驱动着世界经济发动机的运转。

物理学有助于技术的基本建设,它为科学进步和发明的利用,提供所需要的训练有素的人才。

物理学在培养化学家、工程师、计算机科学家,以及其他物理科学和生物医学科学工作者的教育中,是一个重要组成部分。

物理学扩展和提高我们对其他学科的理解,诸如地球科学、农业科学、化学、生物学、环境科学以及天文学和宇宙学——这些学科对世界上所有民族都是至关重要的。

物理学提供发展应用于医学的新设备和新技术所需的基本知识,如计算机层析术(CT)、磁共振成像、正电子发射层析术、超声波成像和激光手术等,改善了我们的生活质量。

综上所述,鉴于以上理由,物理学是教育体制和每个进步社会的一个重要组成部分。”该项决议并为此向所有政府发出了促进与支持物理学发展的多项建议和呼吁。

3. 物质和相互作用

人们自然要问,从微观粒子到生物大分子、到人、到巨大的星体,物质是怎样聚集起来的?在原理上,我们可以用引进“相互作用(interaction)”这个概念来回答。物理学的重大成就之一是,我们已经认识到物质世界丰富多彩的现象,归根到底只通过四种基本相互作用起作用,即强相互作用,电磁相互作用,弱相互作用和引力相互作用。

在自然界中,所谓的强相互作用是一种短程相互作用,它使原子核牢固地保持为一个整体,用以克服带正电的质子之间存在的电排斥相互作用;电磁相互作用是发生在荷电粒子之间的长程相互作用,它使原子核和电子聚集在一起而形成原子,继而组成分子、大分子及我们周围的物质;弱相互作用引起粒子之间的某些过程,例如中子、许多其它粒子和某些原子核的衰变;引力相互作用虽然是已知的相互作用中最弱的一种,然而它在宇宙的结构和演化过程中却起了主要的作用。显然在宏观物体之间的只有长程的电磁相互作用和引力相互作用。

在物理学的发展过程中,最初人们认为微粒是物质存在的基本形式,微粒在空间占有一定的有限体积。为了描述微粒之间的相互作用,人们引进了场(field)的概念,例如电磁场和引力场等。场是充满全空间的,没有不可入性。随着科学技术的发展,人们逐渐发现,场与微粒一样具有能量和动量,也具有不连续的微观结构。因此,人们就把微粒和场看成是物质存在的两种基本形式。现在,量子场论则明确指出,物质存在的两种基本形式中,场是更基本的。量子场论所指出和新的基本物理图像是:每种粒子对应一种场,对应于各种不同粒子的场互构重叠地充满全空间,所有的场都处于基态时为物理真

空,场的激发态表现为出现相应的粒子,粒子之间的相互作用来自场之间的相互作用。

按照量子场论,基本相互作用是通过在相互作用着的粒子之间交换某种粒子来传递的,如光子(photon)是传递电磁相互作用的媒介粒子。物理学家总是试图得出能统一理解一切物理现象的基本规律。1967年,人们提出了电磁相互作用和弱相互作用统一的规范理论,并为随后的一系列实验所证实。因此电磁相互作用和弱相互作用是同一种基本相互作用—电弱相互作用的两种表现形式。基本相互作用之间数学上的相似性,提示着存在一种更基本的统一的可能性:可能所有的相互作用是同一种基本相互作用的不同表现形式,或许整个自然界可归结为某种深刻的对称性。一些物理学家甚至试图找出这样的“超统一理论”,打破“物质”与“相互作用”之间的传统界限。

4. 物理测量与单位制

物理学是一门实验科学,理论的正确与否最终要靠实验来检验,这时常常需要对各种物理量进行测量。为此,我们可以把物理量分为很多类,凡可以相互比较的量都称为同一类量。在同一类量中,如选出某一特定的量作为一个称之为单位(unit)的参考量,则对该类的其它量进行测量,其测量结果都可以用这个单位与一个数的乘积表示,而这个数就称为该量的数值。按物理量和单位的正规表达方式,对于一个符号为 Q 表示的物理量,这个关系以写成 $Q = \{Q\}[Q]$,其中 $[Q]$ 为某一单位的符号,而 $\{Q\}$ 则是以单位 $[Q]$ 表示物理量 Q 的数值。对于矢量和张量,其分量亦可以用上述方式表示。物理学的定律是观察和实验结果的概括,它们表达了诸如长度、时

间、质量、电荷和温度等物理量之间的关系。由于各物理量之间存在着规律性的联系,所以不必对每个物理量的单位都独立地予以规定,我们可以选定一些物理量,例如长度、时间、质量等作为基本量,并为每个基本量规定一个基本单位。其它物理量的单位,则可以按照它们与基本单位之间的关系式导出来,称为导出单位。这样制定的一套单位,就构成了一定的单位制。

国际单位制(SI)是国际上公认的最先进的单位制,它是1960年第十一届国际计量大会提出并建议世界各国采用的单位制。在力学方面,国际单位制与“米制”中的“MKS(米·千克·秒)单位制”基本上相同;在电磁学方面,国际单位制与“MKSA 有理化制”基本上相同。

国际单位制中的质量单位 kg(千克),按 1901 年第三届国际计量大会的规定,等于国际千克原器的质量。

长度是空间的基本性质,历史上曾用铂铱米尺作为标准尺来规定长度单位 m(米)的大小。然而,长度的实物基准很难保证不随时间变化,也难防意外。在光的干涉技术发展后,人们可以将实物的长度与特定原子发的特定光的波长进行比较,为建立长度的自然基准创造了条件。到 1983 年 10 月,第十七届国际计量大会又通过了“m”的新定义,即:“m 是光在真空中 $1/299792458$ s 的时空间隔内运行路程的长度。”按此定义,作为普适常量的真空中的光速值为 $c=299792458\text{m/s}$ 。

早先,人们把地球自转的平均太阳日的 $1/86400$ 的时间间隔确定为时间单位“s(秒)”。1967 年,第十三届国际计量大会采用铯原子钟作为新的时间计量基准,把铯 133 原子基态两个超精细能级之间跃迁所相应的辐射周期的 9192631770

倍,定义为 1s 的时间间隔。这个跃迁频率测量的准确度,可以达到 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 。

如前所述,由于物理量之间有着规律性的联系,因此在选定了一个单位制的基本量之后,其它物理量都可以通过一定的关系与基本量联系起来。为了定性地描述物理量,特别是定性地给出导出量与基本量之间的关系,我们引入量纲的概念。在不考虑数字因数时,表示一个物理量是由哪些基本量导出的以及如何导出的式子,称为该物理量的量纲或量纲式。例如动量 p 可写出下列量纲式: $\text{dim} p = [p] = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} = L^1 M^1 T^{-1}$, 其中: $\text{dim} p$ 或 $[p]$ 表示物理量 p 的量纲,指数 α, β 和 γ 称为量纲指数。

在处理具体问题时,我们可以利用物理量的量纲式来进行单位换算,或用来检验公式的正确性,因为只有量纲相同的量才能相加、相减或用等号相连接。因此,有时可以利用量纲分析就可以得到一些有用的信息判断结论等式是否正确,而不必知道定律或物理机制的细节。

利用基本单位,我们可以粗略地把物理学所研究的极其广阔的范围进行数量级的划分。在人类已研究的领域中,空间尺度跨越了 42 个数量级,我们把它分为四个层次。通常我们把原子尺度大小的客体叫做微观系统,把大小在人体尺度上下几个数量级范围内的客体叫做宏观系统,把星体以上的客体叫做宇观系统,把尺度在 $10^{-7} \sim 10^{-10} \text{m}$ 范围内的客体叫做介观系统。不同层次的系统一般而言有其自身的特征和规律,分析、研究系统可以在层内进行(层内分析),也可以逾层分析。显然要从本质上了解与把握系统,务必要做逾层分析,特别是做微观层次的分析。

5. 物理学的方法和科学态度

现代的物理学是一门理论和实验高度结合的精确科学。物理学中有一套获得知识、组织知识、运用知识的有效步骤和方法,其要点可概括为:

(1) 提出命题

命题一般是从新的观测事实或实验事实中提炼出来,也可能是从已有原理中推演出来。

(2) 推测答案

答案可以有不同的层次:建立唯象的物理模型;从已知原理和推测对现象作定性的解释;根据现有理论进行逻辑推理和数学演算,以便对现象作出定量的解释;当事实与旧理论不符时,提出新的假说和原理去说明它,等等。

(3) 理论预言

作为一个科学的论断,新的理论必须提出能够为实验所证伪(falsify)的预言。为什么说证伪而不是证实,是因为多少个正面的事例也不能保证今后不出现反例,而一个反例就足以否定它,所以理论是不能完全被证实的。

(4) 实验检验

物理学是实验的科学,一切理论最终都要以观测或实验和事实为准则。理论不是唯一的,一个理论包含的假说越少、越简单,同时与之符合的事实越多、越普遍,它就越是个好的理论。

(5) 修改理论

当一个理论与新的实验事实不符合,或不完全符合时,它就面临着修改或被推翻。不过,那些经过大量事实检验的理论是不太会被推翻的,只是部分地被修改,或确定其成立范围。

以上步骤循环往复,构成物理学发展模式化的进程。但是物理学中的许多重大突破和发现,并不都是按此模式进行的,预感、直觉和顿悟往往起很大作用。此外,且探且进的探索、大胆的猜测、偏离初衷的遭遇或巧合,也导致了不少的发现。顿悟是经验和思考的升华,而机遇偏爱有心人,平时思想上有准备,就比较容易抓住稍纵即逝的机遇。所以科学上重大的发现不会是纯粹的侥幸。

科学实验的结果,远非尽如人愿。不管你喜不喜欢,实事求是的作风、老老实实的科学态度是绝对必要的。在科学研究中,一相情愿的如意算盘是行不通的,弄虚作假迟早会暴露。失误人人难免,一旦发生,最聪明的办法是勇于承认,就如当年爱因斯坦公开声明自己对动态宇宙模型的错误批评那样,伟大科学家这种坦荡的襟怀是所有人的楷模。基础科学研究的信息资源是共享的,这里没有秘密而言。根据公开发表的文献,人人都可以判断、思考。所以,在科学的王国里,真理面前人人平等。这里最少对偶像的迷信和对权威的屈从。“实验是检验真理的唯一标准”这一信条,在此贯彻得最为彻底和坚决。

自然科学的主要任务是探索未知的领域,很多事情是难以预料的。实验的结果证实了理论,固然可喜;与理论不符合可能预示着重大的突破,更加令人兴奋。1984年在实验室中发现了弱电由统一理论所预言的中间玻色子后,曾一度较少发现出乎理论预料的实验结果,人们反而说:现在最令人惊讶的,是没有出现令人惊讶的事。这就是物理学界极富进取精神的得失观。

6. 物理量

物理量和物理公式是物理学描述物质结构、相互作用和运动规律时使用的专门语言。力、速度、能量、质量、温度、电场强度…，都是物理量。物理学把客观世界抽象为许许多多物理量；自然界的客观规律则被抽象为联系物理量的物理公式。每一个物理量都被赋予了严格、准确的含义。我们只有透彻地理解每个物理量的含义，进入物理学领域才不会感到陌生，才能自由地进行抽象思维。

然而需要注意的是，一般而言，物理量是相对的，也即大部分物理量与观测者及其状态有关，这就是说，对同一客体的同一个物理量，不同的观测者或同一观测者处于不同的状态都有可能得到不同的结果。从哲学意义上讲，物理量只具有相对客观（实在）性。而我们能感知和测量到的只是各种各样的物理量。其实，我们现在常用的各种物理量是物理学家经过长期讨论、思考的结果，来之不易，如能量、动量、熵等概念，经过几十年的争论与实践才得到的。每一个重要的物理量都与一个重要的物理定律相联系。下面我们简要地把各种各样的物理量进行分类。

按描述运动的特征进行分类：有力学量，如速度、力、动量、功、动能等等；有热学量，如温度、热力学能、熵、热容等等；有电磁学量，如电场、磁场、电流、电容等等；

按性质分类：有标量，如功、温度、熵等；有矢量，如力、动量、电场、磁场等；还有各阶张量等。

按描述对象的性质来分，可分为系统状态及其变化量和相互作用及其过程量。下面我们首先给出一些重要概念。

系统：我们的研究对象，如质点、刚体、带电体、场、人、宇宙。甚至可以是某个系统的某种状态、某个物理方程等。系统

可以处于各种状态,如(相对)稳定的状态、随机状态、混沌状态。

状态量:在各种状态下,我们可以找到一些物理量来描述系统的某种特征,这些物理量称之为状态量。一般说来,在研究问题的过程中,状态量的选取具有一定的任意性,一般是视系统的性质、与环境相互作用的特征、问题的内容而定。事实上一个好的状态量与一个十分重要的守恒定律相联系,如速度与牛顿第一定律、动量与动量守恒定律、能量与能量守恒定律、温度与热平衡定律、熵与热力学第二定律等。按照对系统的可还原性(可加性),我们把状态量分为两大类,一类称为广延量,它对系统满足可加性,即当系统还原成其组成部分之和时,系统的物理量等于其部分的物理量之和(标量和或矢量和)。如质量、动量、能量、熵等;另一类称之为强度量,它对系统不满足可加性,它反映的是系统的某个整体性质,如物体作平动时的速度 v ,刚体作定轴转动时的角速度 ω ,物体处于热平衡状态时的温度 T 、质量密度 ρ 、电场强度 E 等。

外界 与系统有相互作用的环境我们称之为外界。在外界的作用下,系统的状态将会发生变化。有时外界可能是另一个系统,随着相互作用的发生,两个系统的状态可能都要发生变化。

相互作用强度量及其过程量 我们需要有一些物理量来描述系统与外界的相互作用,此类物理量我们称之为作用强度量,如外力 F 、外压强 p 、外力矩 M 等。一般而言,对两个有相互作用的系统来讲,作用强度量与两系统的状态都有关,如电荷在外电场中的受力 $F=qE$ 。作用强度量在时、空上的累积效应称之为过程量,如功、冲量、冲量矩等,显然它们对过程满

足可加性。

7. 物理公式

国家标准(GB3101—86)指出：“物理量是通过描述自然规律的方程以及(或)定义新量的方程而彼此相互联系的。这里所说的方程就是常说的物理公式。对物理公式不可停留在数学关系上的认识,而应该理解它所包含的物理内容。按照国家标准,我们可以把物理公式分为两大类。

(1) 物理量的定义式,如 $p = mv$, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, $a = dv/dt$, $C = dQ/dT$, $dE_p = -F \cdot dr$, $\Phi_m = \iint B \cdot ds$ 等等。这类公式是以等式右方的物理表达式定义左方的物理量。定义有函数定义、微分式定义、积分式定义。这类公式的左右两方,不仅数学意义上相等,而且物理意义也相同。通过定义式,我们应对新物理量(新概念)有一个清晰的认识。

(2) 物理量的关系式,如 $F = ma$, $E = mc^2$; $\oint E \cdot ds = \Sigma q/\epsilon_0$ 等。这一类公式建立了不同物理量之间的关系。例如, $F = ma$ 是把质点的质量 m 、它所受到的力和因此而获得的加速度这三个物理量之间在数量上和方向上的关系用一个等式联系起来。这类公式就是我们常说的物理定律、物理规律。下面我们粗略地将物理定律分为以下几类。

a. 系统的状态量的时间变化率正比于外界的作用强度量。可以理解,在外界的作用下,系统的状态将发生变化,变化的快慢与作用的强弱有关,有一类物理定律描述的就是这种情形。我们发现,只要选好合适的状态量(通常是广延量),系统的状态量的时间变化率就等于外界的作用强度量。例如

$dp/dt=F(\Rightarrow F=ma)$, $dL/dt=M(\Rightarrow M=J\omega)$ 等。这是关于某时刻的物理定律,等式左右两边具有同时性(矢量方程式时还表明同方向性)。

b. 系统的状态量的增量等于外界的作用过程量。此类物理定律与上一类物理定律有着直接的关系,它是上一类物理定律在时空上的积累效应。例如冲量定理、冲量矩定理、功能原理、热力学第一定理等。这是关于某过程的物理定律,从数学角度出发,它阐明了边界与内部的联系。

c. 系统内各状态量之间的关系或某些状态量的性质。这类物理定律有大家熟悉的理想气体的状态方程、静电场的环路定律、磁场的高斯定理、热力学第二定律等。

d. 相关系统之间的状态量的相互联系。这类物理定律有大家熟悉的电场的高斯定理和磁场的环路定律(指出了电磁场系统与运动电荷系统之间的关系)等。

e. 相关系统的相互作用强度与各系统状态量之间的关系。这类物理定律有大家熟悉的万有引力定律、库仑定律等。

— 又(内外系统状态量联系)
还有一些物理公式是上述各物理定律应用于特殊系统出现的结果。实际上,物理定律具有明显的层次性,它完全是金字塔式的。有的物理定律具有较高的普适性,如能量守恒定律、最小作用量原理(关于变化过程的基本原理)、最大熵原理等;有的物理定律仅适用于特定的物理层次,如牛顿运动定律仅适用于宏观及低速运动的物体。麦克斯韦的电磁学方程组仅适用于宏观电磁现象、热力学定律仅适用于宏观世界。而另一些物理定律的适用范围更小,例理想气体的状态方程、欧姆定律、虎克定律、电容器的电容公式等。它们只是上一层次的物理定律在具体系统中的应用,它不能违反上一层次的物理

定律,所有的物理定律都是因果律。此外,一个好的物理定律还必须满足相对性原理,也就是说,真正的物理定律是不随观测者(或观测者的状态)的不同而不同。物理定律不会因人而异,它是普遍的、根本的、客观实在的、相对真理的。然而我们无法直接测到它、感知它,它很好地隐藏于大自然的背后,需要我们去探索、发现。其实科学就是一个认识世界、寻找规律、追求真理的过程,科学绝非就是今天的科学知识本身,科学更多的是一种态度、方法、精神。科学是认真的、严谨的、实事求是的,同时又是谦虚的、宽容的、发明发现的。只有这样科学才能不断进步,社会才能不断发展。