

· 中学物理辅导 ·

与中学生谈力学量纲



姜水根 沈晨

物理量分为基本量和导出量，每个导出量可以用基本量的某种组合表示。表示一个物理量由哪些基本量组成和怎样组成的式子叫做这个物理量的量纲式。由于所有的力学量都可以由长度、质量、时间这三个基本量(量纲式分别为 $[L]$ 、 $[M]$ 、 $[T]$) 组成，那么一个力学量的量纲式的一般形式就是： $[Q] = L^a M^b T^c$ 。例如：速度的量纲式是 $[v] = LT^{-1}$ ，力的量纲式是 $[F] = LMT^{-2}$ 。万有引力恒量的量纲式是 $[G] = L^3 M^{-1} T^{-2}$ 。也有的常数是无量纲的，如 $\pi = 3.14 \dots$ 。

由于量纲表示物理量的构成，所以用数学公式描述一个物理规律时，等号两边必须保持量纲的一致。在量纲一致的原则上分析物理量之间关系的方法，叫量纲分析。这种方法在物理研究中具有特殊的应用。

一、检验物理关系的正确性

因为量纲一致是物理关系正确的必要条件，所以我们可以用量纲分析法来检验物理关系，尤其是经常运用它检验物理字母题的解。大家知道，解题过程中的疏漏、运算的差错均可能导致解题结果的错误，因此对解题结果的检验是十分必要的，而重复计算的方法有诸多弊端，所以采用量纲分析法来检验结果具有相当大的优越性。

例1. 如图1所示，一个楔形物体的质量为 M ，静止在光滑的水平面上，它上面有一个质量为 m 的小物

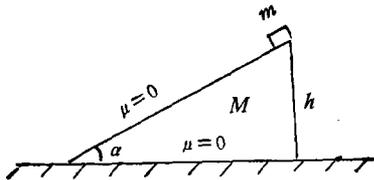


图 1

体，在高度为 h 处自静止无摩擦地滑下，当 m 下滑到水平面时， m 对 M 做多少功？

经过分析计算，可解得 m 对 M 所做的功为

$$W = \frac{Mmgh\cos^2\alpha}{(m+M)(M+m\sin^2\alpha)}$$

用量纲分析法检验这个解， $\cos^2\alpha$ 和 $\sin^2\alpha$ 是无量纲量， $[g] = LT^{-2}$ ，则 $\frac{Mmgh\cos^2\alpha}{(m+M)(M+m\sin^2\alpha)}$ 的量纲是 $L^2 T^{-2}$ ，这不是功的量纲。所以从量纲上看出，这个解肯定是错误的。

例2. 在一个横截面积为 S 的密闭容器中，有一个

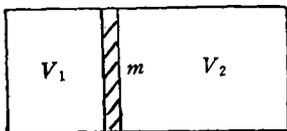


图 2

质量为 m 的活塞把容量中的气体分成两部分，活塞可在容器中无摩擦地滑动，当活塞处于平衡时，活塞两边气体温度相同，压强都是 P ，体积分别是 V_1 和 V_2 ，如图2。现用某种方法使活塞稍微偏离平衡位置，然后放开，活塞在两边气体压力作用下来回运动，整个系统可以看作是恒温的，求活塞运动的周期。

从分析活塞的受力得到活塞作简谐振动，可解得

周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{mV_1V_2}{PS^2(V_1+V_2)}}$ 。对这个解用量纲分析法进行分析，由 $[V] = L^3$ ， $[P] = ML^{-1}T^{-2}$ ， $[S] = L^2$ ，得 $2\pi\sqrt{\frac{mV_1V_2}{PS^2(V_1+V_2)}}$ 的量纲是 $M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}L^{\frac{3}{2}}M^{-\frac{1}{2}}L^{\frac{1}{2}}$ 。

$TL^{-2}L^{-\frac{3}{2}} = T$ ，这是时间的量纲，从量纲分析上看，这个解是对的。

由上述分析可知，用量纲分析法来检查解题结果，具有检查速度快，避免错误的思维定势的优点。但是，量纲分析法进行的检验是不完全检验，因为量纲正确是物理解的正确的必要条件，不是充分条件，所以它能鉴别出解的错误，而不能肯定解的正确。

二、推导物理公式的形式

量纲一致性反映了物理量之间的函数关系，是物理规律内在的制约条件。我们可以用量纲分析法来推导物理公式的形式。其步骤为：(1) 明确所求的物理关系，(2) 列出与问题有关的有量纲量，并确定基本量纲，(3) 列出量纲方程，(4) 解线性方程组。

例3. 原子弹爆炸时，巨大的能量从一点以冲击波的形式向四周传播。据分析，冲击波的半径 R 与时间 t ，能量 E ，大气密度 ρ 有关，试建立它们的关系式。

[注]

本题研究冲击波半径 R 与 t 、 E 、 ρ 的关系，即 $R = f(t, E, \rho)$ ，其量纲方程是： $[R] = [t] \cdot [E] \cdot [\rho]$ 。

* 作者系浙江宁波效实中学教师(邮编：315000)

关于发表科技论文的若干问题

楼 森 岳

(宁波师范学院物理系)

编者按:

今年1月11日,中国科学报发表《1991年我国科技论文分析结果》,其中公布了在国际、国内发表论文数量多的个人名单。本刊主编吴水清致函他们中物理学专业作者,表示祝贺,并提出若干问题请他们解答。现根据本刊收到回信的顺序分期刊载,各位读者有什么问题和看法也欢迎发表。

吴水清先生:

您好!对于您告诉我的信息(我成为我国国际论文发表最多者之一)我也感到很高兴,可惜我不知道消息来自何处,希望您能告知我消息的出处,将不胜感激。

现就您所提4个问题作一简要回答:

一 在国际上发表论文的主要内容

1988—1989年主要内容是量子场论和粒子物理,1990—1991年主要内容是量子场论和非线性方程孤子解,1991年~现在主要是孤子理论方面的内容。在量子场论方面,主要发表的内容是量子场论的非微扰处理,如 $\lambda\phi^4$ Sine-Gordon场, T. D. Lee模型等的高势有效势处理,相干态有效势研究等。在粒子物理方面,主要是讨论标准模型中 Higgs 粒子质量估计和 Weinberg 角的理论限制。在非线性方程孤子理论方面,主要给出了一些模型的精确解,完善和发展推广了

即:

$[L] = [T]^\alpha \cdot [L^2MT^{-2}]^\beta \cdot [L^{-1}M]^\gamma$, 整理后得出:

$[L] = [L]^{2\beta-3\gamma} \cdot [M]^{\beta+\gamma} \cdot [T]^{\alpha-2\beta}$ 比较等式两边得出:

$$\begin{cases} 2\beta - 3\gamma = 1 \\ \beta + \gamma = 0 \\ \alpha - 2\beta = 0, \end{cases}$$

解得:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{2}{5} \\ \beta = \frac{1}{5} \\ \gamma = -\frac{1}{5}, \end{cases}$$

则 $R = \lambda \cdot r^{2/5} \cdot E^{1/5} \cdot \rho^{-1/5}$, (其中 λ 是比例系数),这就是说,原子弹爆炸形成的冲击波是一个半径随时间增大的球面。

用量纲分析法推导物理公式,有两点必须明确;第

对称性约化的直接方法,找到了许多可积模型的大量的新的无穷多对称和无穷多守恒律。另外在凝聚态物理、流体物理方面也发表了一些论文。

二 关于教研与写作之间的关系

教学研究应该互相促进,研究成果的不断得到,就不断丰富自己的知识,当然对教学有促进作用。另一方面,在教学过程中的一些基本问题的思考,基本方法的熟练,也同样会对研究有一定的启发作用。但在时间问题上是有冲突的。

做领导的应该有一定安排,对擅长搞研究的同志适当减少教学工作量,而对于我们自己只能是尽可能抓紧时间。对于写作,就我而言,只是把我的研究结果及时记录下来而已。

三 如何提高国外论文发表率

对于提高国外论文发表率,我认为关键是提高自己的研究水平。课题应选择有意义的大家所关心的重要问题,特别是对于开创性的课题,对于提高发表率是很有用的。

四 关于发表科技论文对物理研究的作用

我想发表科技论文主要作用是促进物理学研究工作之间的交流,从而促进物理研究的发展。

关于为贵刊写稿的事,因还没有这方面的经验,过一段时间我会试试,最好还是请您给一指点。由于本人才疏学浅,回答不当之处,请指正。楼森岳 93.2.1

作者简介:楼森岳,宁波师范学院教授,1957年3月出生,浙江余姚人。1989年获复旦大学物理学博士学位。据中国科技信息所公布的《1991年我国科技论文分析结果》表明,他在国际上发表论文10篇,排名第四,成为我国在国际上发表论文最多的作者之一。

一,推导出的物理公式,其正确性基于我们对问题的分析,即对与问题有关的有量纲量的分析;如果我们错误地将与问题无关的有量纲量列入分析范围,或遗漏有关的有量纲的量,我们将得到错误的结论。第二,用量纲分析法无法得到无量纲量的具体形式,就是说,推导出的物理公式不会出现三角函数、指数、对数等函数关系,或者说,它们作为无量纲量都包括在比例系数 λ 中了。

量纲分析是在物理领域中构造数学模型的有效工具。领会量纲分析的思想方法,对于理论研究和实验设计是有益的。

[注]:原子弹爆炸的冲击波的远距离传播还与大气压强有关,本文为使问题简化,只研究冲击波在爆炸点近距离,因波后压远大于初始压,即可忽略大气压强的情形。