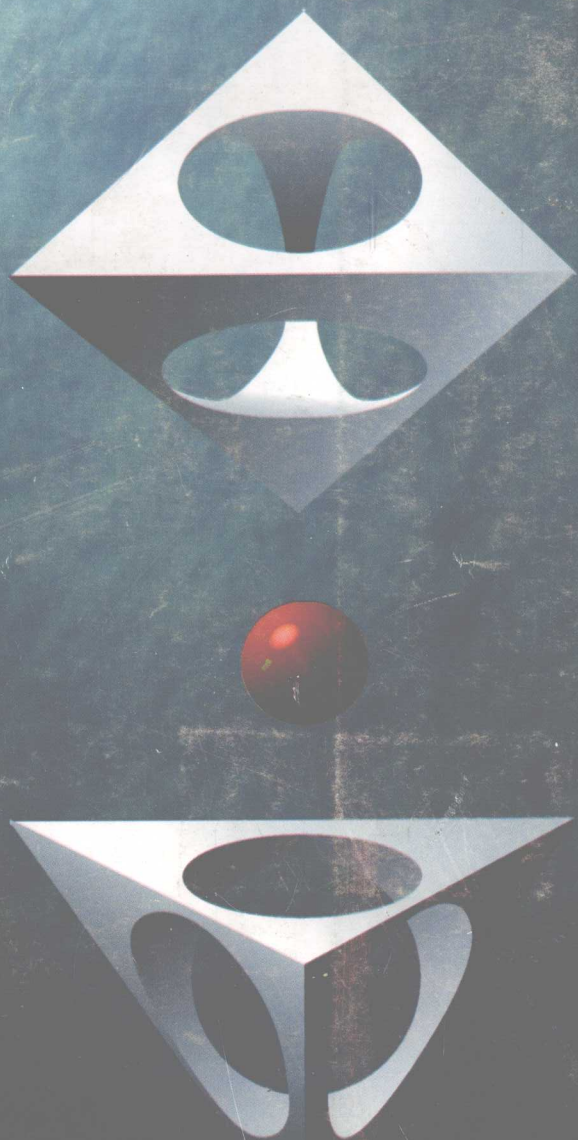


大学物理教学 研究与讨论

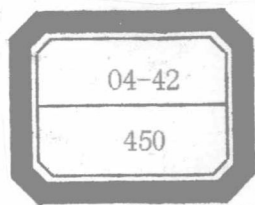
凌瑞良 著

南京师范大学出版社



309442-44

309442



大学物理教学研究与讨论

凌瑞良 著

04-42
450



南京师范大学出版社



大学物理教学研究与讨论

凌瑞良 著

*

南京师范大学出版社出版发行

(江苏省南京市宁海路 122 号 邮编 210097)

江苏省新华书店经销 常熟高专印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 11 字数 274 千

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN 7-81047-285-2/O·5

定价:18.00 元

(南京师大版图书若有印、装错误可向承印厂退换)

前言

众所周知,提高教学水平的关键是提高教师的学术水平,提高教师学术水平的关键是提高教师的科学研究能力。这里所指的科学研究应包括基础研究、应用研究和教学研究。我因长期在师范院校任教,故特别注重教学内容和方法的研究。从1978年首次公开发表教学研究论文以来,我已在该领域潜心研究了整整20个春秋,本书就是这20年教学研究足迹的记录。考虑到书中研究的内容既涉及普通物理又涉及理论物理,故借用了《大学物理》杂志“教学研究”和“教学讨论”这两个主体栏目名,合并起来定为本书的书名——大学物理教学研究与讨论。

长期教学研究实践使我产生了兴趣,取得了成绩和进步,同时也形成了一些思想。

教学研究是一种创造性劳动,我体会尤深。大学物理内容广泛,它是几百年来物理学家创造性劳动的结晶。怎样分析传统教学内容中具有积极意义的概念和规律,挖掘现代科学发展中的科学思想内涵,寻找两者的内在联系,并在此基础上充实和重新组织大学物理的教学,是当前教学研究面临的新课题。作为一个肩负着把学生引入科学技术殿堂重任的大学物理教师,应该具有把物理学的每一个概念的内涵和外延,每一个定理、每一个定律的来龙去脉、适用范围以及它们之间的逻辑关系讲得一清二楚的能力。说实话,这一能力的获得,对教师而言是相当艰辛然而又是非常有意义的。因为有些物理概念本身具有层次性,有些定理的证明、公式的推导往往过于繁琐冗长,各概念、各原理、各定律之间的关系有时又比较隐晦曲折,特别是在有些教材和参考书中,由于受历史

和传统的影响或编者的疏忽,难免有这样那样的缺陷和疏漏,甚至有错误。教师要能敏锐地发现它们,非要有扎实的物理功底和数学修养不可;若要纠正它们,则更要下一番功夫深入研究。我的教学研究内容和课题绝大多数就是在过这一关的过程中找到的。一经发现问题,我就抓住不放,翻阅参考资料,仔细演算,认真推导,反复推敲,最后成文,必要时还诚恳请教国内有名的教学专家和名教授。采用这样的方法,我已写下了数十篇有一定价值的论文,其中二十多篇已在《物理学报》、《物理》、《量子光学学报》、《大学物理》等刊物上公开发表。

我的教学研究课题大部分来自钻研教材的过程,也有一些来自和同行的直接或间接的讨论及相互启发中。具体来说,它们来自三方面。一是参加本校教研活动,二是参加国内各种物理学术会议,三是阅读各种国内外文献资料。这里特别值得一提的是《大学物理》确是我的良师益友。以上所及的三个不同的方面往往会碰到一些类同问题,即普遍感到疑难以及需要讨论的问题,对这些问题我素来感兴趣,一经遇上,总喜欢参与讨论研究。这种做法我已坚持了数年,效果较好,它不仅能提高自己的认识,还有助于进一步发现新问题,并找到解决的方法与途径。

从事教学研究,我体会到至少有以下几点好处。

1. 教学研究能迫使教师自己不断进取,不断提高,不断前进,它既能加深对原有知识的理解,又能获取新知识,从而有效地增强教师的物理功底和学术素养,从本质上提高物理教学水平。

2. 教学研究能提高教师自己的写作水平,使课堂教学语言精炼,逻辑性增强,从而直接提高教学效果。

3. 长期从事教学研究能开拓思路,活跃思维,同时也能增强记忆力。

4. 通过教学研究,我总觉得,凡是自己在某一方面深入研究过的内容,讲课时心中踏踏实实,格外有精神,并能左右逢源,敢

讲,撒得开,收得拢,做到既生动,又活泼,学生爱听,得益也深。

5. 通过教学研究,教师对一些主要物理疑难问题,易引起争论的问题,能有一个完整的、透彻的、多层次的理解和认识。这样,教师讲课时,不论是科学性上还是逻辑性和思想性上都能把握住,做到既严密,又科学,又得体。相信师范院校物理专业的学生若能长期受训于这种教学,潜移默化,是完全可能成为高质量的中学物理教师的。

本书的出版,曾得到我校“教授工程”的大力资助,同时在出版过程中也得到南京师范大学出版社领导、南京师范大学学报编辑部领导的关心支持和帮助,在此一并表示感谢。

书中加速度推导一节中的有些思想和方法散见于 70 年代末 80 年代初的有关物理教学杂志,现一时难以查寻;开普勒第三定律的初等推导及 6.5.1 节内容曾参考某师院学报,现也无法查考。为此,一并特向有关作者深表谢意。

书中的内容虽经反复修改、完善,但毕竟是研究与讨论,难免有疏忽和错误,诚望读者批评指正。

凌瑞良

一九九八年十二月

于南京大学

目 次

前言	(1)
----------	-----

第一章 力学	(1)
--------------	-----

1 力学中的几个基本概念的研究与讨论	(1)
--------------------------	-----

1.1 力学中的封闭系统与封闭的力学系统	(1)
----------------------------	-----

1.2 参考物体、参考系与坐标系	(2)
------------------------	-----

1.3 定律与定理	(5)
-----------------	-----

1.4 量纲与单位	(6)
-----------------	-----

2 力和质量的几个问题的研究与讨论	(8)
-------------------------	-----

2.1 重力与重量	(8)
-----------------	-----

2.2 分力与分量	(11)
-----------------	------

2.3 “没有合力”与“合力为零”	(13)
-------------------------	------

2.4 重心与质心	(14)
-----------------	------

3 加速度的研究与讨论	(19)
-------------------	------

3.1 所有物体都具有相同的重力加速度吗?	(19)
-----------------------------	------

3.2 与时间成一次函数的加速度	(21)
------------------------	------

3.3 向心加速度公式推导的新方法	(22)
-------------------------	------

3.4 单位矢量的求导方法	(30)
---------------------	------

3.5 定点转动刚体上任意一点的速度和加速度的求解	(34)
------------------------------------	------

4	有心力运动的研究与讨论	(43)
4.1	面积速度公式的推导新法	(43)
4.2	椭圆轨道开普勒第三定律的初等推导	(45)
4.3	开普勒轨道的进动	(49)
5	速度、动量、动量矩、功及其守恒定律的研究与讨论	(54)
5.1	论速度的相对性	(54)
5.2	炮弹的发射角与炮筒的仰角	(57)
5.3	关于功的定义的一点意见	(60)
5.4	动量矩定理的静力学应用	(64)
5.5	对一道高考复习题的分析	(68)
5.6	用初等数学求质量均匀分布的等腰三角形薄片的转动惯量	(72)
5.7	从能量角度推导平行轴定理	(75)
6	振动和波动的研究与讨论	(77)
6.1	波疏媒质与低密度媒质	(77)
6.2	简谐振动初相的确定	(79)
6.3	从互相垂直的谐振动合成看匀速圆周运动的分运动	(84)
6.4	谐振动运动方程的推导	(86)
6.5	机械波传播速度公式的初等推导	(89)
6.6	弹性波有无半波损失的正确判据	(92)
6.7	流体媒质界面上半波损失问题的讨论	(96)
6.8	固体媒质界面上弹性波反射和折射特性的研究	(101)

第二章 热学 (108)

1	热力学基本概念研究与讨论	(108)
1.1	热力学中的孤立系统与封闭系统	(108)

1.2	热力学平衡与热平衡	(110)
1.3	平衡态、稳恒态与准静态过程	(113)
1.4	过程方程与状态方程	(115)
1.5	热容中心及其应用	(117)
1.6	水的“三相点”与水的“冰点”	(120)
2	热学中的统计规律及其应用研究与讨论	(123)
2.1	玻尔兹曼统计分布律推导的新方法	(123)
2.2	也谈麦克斯韦速度分布律适用的范围	(128)
2.3	地球周围大气层总质量的估算	(135)
2.4	理想气体内部压强的实质及其推导	(138)
2.5	吹肥皂泡过程的作功分析及计算	(142)
3	热流演化方程及其推证	(144)
4	最小熵产生定理所依赖的条件及其适用性	(147)

第三章 电磁学

1	真空与介质中的静电场的研究与讨论	(154)
1.1	点电荷与检验电荷	(154)
1.2	关于库仑定律的若干问题	(156)
1.3	一个与众不同的高斯面——谈应用高斯定理求场 强的条件	(162)
1.4	电势差与电压	(167)
1.5	孤立导体的电势与所带电量成正比是唯一性定理 的必然结果	(170)
1.6	一个矢量场唯一性定理的应用实例	(172)
1.7	分数电荷	(176)
2	导体周围的静电场的研究与讨论	(178)
2.1	电容器电容的定义	(178)

2.2	电力线及其应用	(185)
2.3	点电荷场中导体球表面上感应电荷的分布规律 ..	(195)
3	电流与电路中有关问题的研究与讨论	(201)
3.1	电子流与电流	(201)
3.2	电荷定向运动速度与“电”的传播速度	(203)
3.3	无穷网络的等效电阻	(205)
3.4	负载与电阻	(210)
3.5	关于电池效率 η 的分析及计算	(213)
3.6	稳定电场基本方程推导的最小熵产生方法	(215)
4	稳定电流的磁场的研究与讨论	(219)
4.1	毕奥-沙伐尔定律研究与探讨	(219)
4.2	关于具有任意截面的无限长密绕载流螺线管的磁场	(225)
4.3	静磁场中的格林互易定理及其推证	(228)
4.4	旋转非导体带电球面磁场的全空间解析解新探 ..	(233)
4.5	一个关于磁力做功的计算问题	(237)
4.6	关于稳定磁场矢势的物理解释	(241)
4.7	一种使非相对论带电粒子哈密顿量缩减成仅 含动能项的规范变换	(249)
4.8	磁单极子	(252)

第四章 光学与原子物理

1	透镜成像的研究与讨论	(255)
1.1	透镜中心与透镜光心	(255)
1.2	凸透镜一定是会聚透镜吗?	(261)
2	光的传播问题的研究与讨论	(264)
2.1	光密媒质与高密度媒质	(264)

2.2 波程差与光程差	(267)
3 白色与无色	(271)
4 光电效应与康普顿效应	(274)
4.1 光电效应的物理本质及规律	(274)
4.2 康普顿效应的物理本质及规律	(276)
4.3 光电效应与康普顿效应的关系	(279)
5 原子物理中的几个基本概念的研究与讨论	(280)
5.1 原子质量与原子量	(280)
附录 I 摩尔与摩尔质量	(283)
附录 II 原子量的演变	(284)
5.2 原子核与原子实	(285)

第五章 量子力学

1 纯态与混合态	(289)
1.1 从纯态与混合态的定义看两者的区别与联系	(289)
1.2 从微观系统的几率密度看纯态与混合态的区别 与联系	(290)
1.3 从测量性质看纯态与混合态的区别与联系	(290)
1.4 从密度矩阵看纯态与混合态的区别与联系	(292)
2 量子力学表象理论初探	(293)
2.1 表象的基本概念	(294)
2.2 波函数形式与表象的关系	(296)
2.3 力学量算符的形式与表象的关系	(298)
3 无限深方势阱求解中存在的几个问题	(304)
3.1 无限深方势阱中粒子总能恒大于零可以普遍证明	(304)
3.2 δ 取 π 是完全不必要的	(305)

3.3	排除深势阱中粒子为“ $n=0$ ”态的正确论证	(306)
4	均匀外电场中带电谐振子运动的双波函数描述	(307)
4.1	均匀外电场中带电谐振子 Schrödinger 方程精确解	(308)
4.2	双波描述	(309)
4.3	系综平均	(314)
4.4	结论	(315)
5	均匀外电场中带电谐振子双波函数描述的经典极限研究	(316)
5.1	双波描述	(317)
5.2	经典结果	(318)
5.3	双波描述的经典极限分析	(319)
5.4	结论	(321)
6	阻尼谐振子的严格波函数	(321)
6.1	运动方程与哈密顿量	(321)
6.2	传播子的确定	(322)
6.3	波函数	(324)
6.4	讨论	(326)
	参考文献	(330)
	后记	(336)

第一章 力学

1 力学中的几个基本概念的研究与讨论

1.1 力学中的封闭系统与封闭的力学系统

力学中的“封闭系统”指的是系统内的物体不与系统外部任何物体相互作用。这里的“相互作用”在力学范围内可以理解为力。(而热学中的相互作用还包括热。)另外,系统内部的物体允许存在相互作用。显然,真正的“封闭系统”是不存在的,它只是一个理想模型。物体之间总是相互作用,相互影响的,不可能有一系统内的物体与其他周围的物体完全隔绝。事实上,当一个系统所受系统外的作用相互抵消时,我们便可称该系统为封闭系统;或者当一个系统所受系统外的作用与系统内的作用比较起来小得可以忽略时,也可以把此系统认作是封闭系统。

根据上述封闭系统的内涵可知:一个封闭系统不受外力作用,外力的功当然为零。但必须注意,外力的功等于零时,系统却不一定是封闭系统,完全可以受到系统外的力的作用。例如,当一个物体系于绳的一端,在光滑的水平面上绕绳的另一端作匀速圆周运动时,该物体受到三个力:重力 mg , 水平面的反作用力 N , 由绳子给这个物体的向心力 f (见图 1.1)。这三个力都不对物体做功,因为力的方向都与物体的位移垂直。可是,这三个力并没有抵消,合力就是向心力 f 物体正因受到这个力,才能作匀速圆周运动。本例明显地说明,物体所受外力作的功虽然等于零。但却仍受到外力的作用,因此,决不能把它当作一个封闭系统。

至于封闭的力学系统,有人
认为它仅是封闭系统的一
种更具体的说法而已。所谓
封闭的力学系统就是指系统
不受外力的作用(或所受的外
力作用互相抵消)。其实力学
中封闭的力学系统也有自己
特定的内涵。封闭的力学系

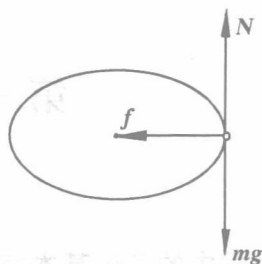


图 1.1

统应该指一个系统,它所受外力的作用互相抵消,而且系统有关的机械能与非机械能的转换并不发生^[1]。例如,光滑水平面上炮弹水平地向前发出时,炮身要向后退,炮弹、炮身所构成的系统所受的外力是互相抵消的,它们的动能增长仅是内力的作用结果。可见它们原来都是静止的,如果两者都具有了动能,机械能不守恒,能量的来源显然是化学能转变而成。所以,尽管炮弹和炮身构成的系统所受的外力互相抵消,但不是封闭的力学系统。有人就此得出结论:机械能守恒的系统就是封闭的力学系统,这种观点亦是不对的,因为机械能守恒的系统并不一定是封闭的力学系统。例如,上面所提的匀速圆周运动的物体,机械能是守恒的,但它所受的外力并不互相抵消,故它并不是一个封闭的力学系统。由此可见,正确的结论应是:在封闭的力学系统中,机械能一定是守恒的,但机械能守恒却不一定要在封闭的力学系统中。

1.2 参考物体、参考系与坐标系

参考物体、参考系(或参照系)与坐标系是我们在研究机械运动时首先要碰到的三个概念。也许有好多人都认为,这三个概念是反映同一个物理含义,是一个物理本质的三种不同名称,因此,使用时互相替代是无关紧要之事。其实不然。参考物体、参考系和坐标系这三个概念的内涵和外延是各不相同的,它们分别是三个不同的概念^[2],使用时决不能混用!

由于任何物体运动都具有相对性,故当我们要确定物体的位置和描述其运动时,就必须首先选取另一个物体(认为不动)作为参考,这种被认为不动的物体就叫做参考物体。所选取的参考物体不同,被描述的物体运动状态也不同。例如,当你“静坐”在行驶着的公共汽车中的时候,站在马路上的观察者看到你是运动的。这说明对于汽车这个参考物体和对于地球这另一个参考物体来说,同一个物体(指汽车中“静坐”的人)的运动状态是不一样的。同样,若要问地球是怎样运动的?如果不说清楚相对哪个参考物体,我们就无法回答。由此可见,参考物体在描述物体运动时是不可少的。

物理学中,特别是理论力学中,我们往往在参考物体上取不共面的三根相交线作为框架(注意框架概念宽于直角坐标架,三线不一定正交,在线上也不必规定正负指向和单位长度)。这个框架和参考物体是固连在一起的,它可以代表参考物体,物理上把这种框架叫做参考系。例如,可以在火车的车厢上安置一个固连的框架,也可以在地面上安置一个固连的框架,使它们的三个方向分别沿着当地的经线、纬线和天顶。这就是两个不同的参考系。参考物体总是一个大小有限之物,但当我们在参考物体上安置上框架以后,我们将认为这个框架可以延伸到空间的无限远处。因此,参考系应理解为与参考物体相固连的整个空间(一个理论上抽象的三维空间)。比如,可以选用地球为参考物体来讨论离开地球遥远的某一行星的运动。在那里,地球这个参考体“实体”是达不到的,而作为参考系却可以延伸过去。这就是为什么我们在参考物体基础上还要进一步引进参考系的道理和意义。

在有些情况下,可能只有参考系,而不一定有真实的参考物体。例如,设想从地球中心出发,引出三根线,指向三个恒星。这也是一个参考系,称为地心参考系。在这种情况下就不存在真实参考物体。为此,我们就只提参考系,而不提参考物体了。

为了能定量地描述物体运动,以便进一步研究物体运动,还需在选定参考系中安置一定的坐标系才行。在同一个参考系中可以安置许多不同的坐标系。例如,当讨论斜面上的物体运动情况时,在斜面上可安置两个不同的坐标

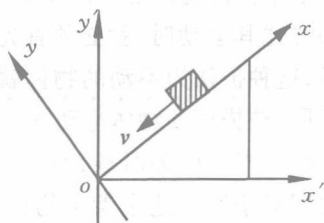


图 1.2

系,一个是 x 轴沿斜面的直角平面坐标系,一个是 x' 轴沿水平面方向的平面直角坐标系,如图 1.2 所示。尽管 xoy 、 $x'oy'$ 是两个不同的坐标系,但参考系是同一个,都是地球。另外,坐标系还可以有各种不同的形式,其中直角坐标系和极坐标系是最常见的两种形式。在讨论具体问题时,究竟选用哪一种坐标系是完全任意的,不过有一原则,那就是要使所选用的坐标系在讨论问题时比较方便。

统观以上分析、讨论,参考物体、参考系与坐标系三者间的关系可归纳成以下几点:

(1) 参考物体是一个被认为静止不动的物体,而参考系是固连于参考物体上的框架,坐标系又是固连于参考系中的特殊框架。

(2) 参考物体是一个有限物体,而参考系是一个与参考物体相固连的无限空间。

(3) 参考系的代表物只是三根相交线(框架),而坐标系的代表物则是一组有规定正负方向(包括指向)和单位长度的曲线或直线组成的特殊框架。

(4) 参考系能代表参考物体,但参考物体却不能代替参考系,参考系有时能脱离参考物体而独立存在。

(5) 一个参考系可用多个坐标系与之对应。

1.3 定律与定理

在学习物理中,我们除了要遇到种类繁多的物理概念,还要遇上许多定律和不少定理。物理概念是我们在物理学习中判断推理的基础,思考物理问题的起点,而物理定律、物理定理则是我们解决物理问题的准则依据,所以,正确地理解、掌握物理定律、定理是学好物理的保证。不管是物理定律还是物理定理,它们都反映了一定的客观规律,或表示了事物之间的相互联系。下面仅就定律、定理的区别与联系作些探讨。

定律是对客观规律的一种表达形式,特别是物理定律,它是在大量具体实验事实或客观存在的事物(现象)的基础上,用科学方法抽象概括或推理得到的客观真理。例如牛顿运动定律、欧姆定律、气体三定律、焦耳—楞次定律、光的反射定律等等。凡定律都有一定的适用范围,如牛顿第一定律,只适用于惯性系,而不适用于非惯性系;气体三定律只适用于理想气体而不适用于真实气体。更值得一提的是,一切定律只能发现,不能创造。在中学物理中,所见到的大多是定律。

定理是用已有的物理概念和规律,经过合乎逻辑的演绎、推理、证明而得到的结论,它着重于反映原理的数学必然性,故要有数学式表达。例如,动能定理就是根据功的概念加上牛顿第二定律和运动学公式推导得出的。其数学表达式为 $W = E_K - E_{K_0}$, 此式说明,不论作用于物体上的合外力是恒力还是变力,合外力对物体所作的功 W 总是等于物体动能的增量(E_{K_0} 、 E_K 分别表示开始和末了时的动能)。大学物理中所见到的大多是定理。定律和定理两者相比,定律更为基本。

最后有一点必须指出,即物理学中,有些重要的基本规律并不以定律命名,而称之为 $\times\times$ 方程、 $\times\times$ 公式,甚至干脆叫 $\times\times$ 关系等。这方面的例子不胜枚举。譬如,基尔霍夫第一定律、第二定律在有的书上称基尔霍夫第一、第二方程;分析力学中有拉格朗日方