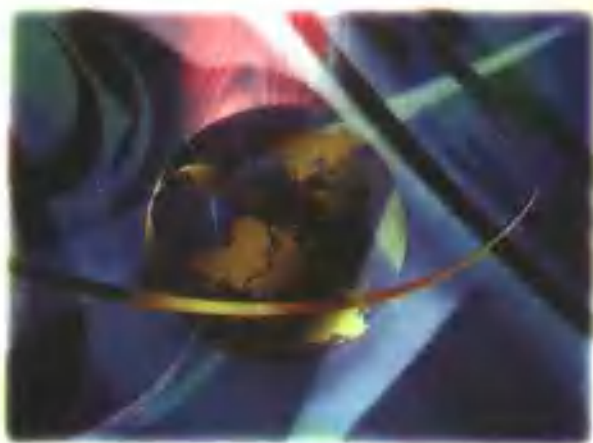


素质教育探索教材

大学物理学

(上册)



闫夷升 主编

西安陆军学院

素质教育探索教材

大学物理学

(上册)

主 编 白夷升

副主编 曹自强 王传新

编 委 白夷升 曹自强 王传新 胡承学

李爱玲 段改丽 杨彬龄

审 定 杨彬龄

内部资料

书 名：大学物理学（上册）

编著者：闫夷升 曹自强 王传新 胡承学
李爱玲 段改丽 杨彬龄 郭芳英

印刷者：西安陆军学院印刷厂

开 本：850×1168 毫米 1/32

印 张：15.125

字 数：380 千字

版 次：2001 年 7 月第一版

印 次：2001 年 7 月第一次印刷

印 数：1—2000 册

前 言

近年来,全国、全军院校都在开展素质教育。我院围绕素质教育,在各门学科中都开展了教学改革。为了培养 21 世纪高素质的军事指挥人才,我们在物理教学改革中进行了一系列的探索与实践,获得兰州军区第六届军队院校级教学成果一等奖。物理教学改革的核心在教学内容的改革,为了落实训练部关于 2001 年落实新教学大纲的指示,在各级领导部门的指导和帮助下,我们组织编写了这套《大学物理学》。为了教学的方便分为上、下两册,可供我院本科和大专队学员使用。

本书是作者十几年来教学经验的总结,既保持了传统教材中的优点,又吸收了近年来出版的在国内影响较大的新教材的精华。在编写过程中体现了素质教育的思想,是一套素质教育的探索教材。某些章后附有阅读材料,以开阔学员的视野。在阅读材料中选了我们的教员发表过的部分论文,可给学员练习写论文提供一个参考。由于我们已于 98 年编写了《大学物理学习指导》,加之这次编写时间较紧,所以教材中未编入习题。《大学物理学习指导》可与教材配合使用。

在成书过程中受到学院王聪民副院长、张庆宪部长、赵天印、杨社民科长的亲切关怀和支持。物电教研室的刘升俭主任和郑仲副主任对该书的编写工作非常关心,亲自动员和组织编写工作,并给予了指导。在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中参考了在全国最著名、也最有影响的几位教授赵凯华、罗蔚茵、恽英、张三慧、康颖等编写的教材,也参考了

前 言

国外几本原著。在此对以上教授也表示诚挚的谢意。

本书由闫夷升执笔编写和统稿,参加本书初稿编写的同志有闫夷升(第一、二、七、十章)、杨彬龄(第五、六章)、曹自强(第二、三章)、王传新(第三、四章)、胡承学(第九章)、李爱玲(第八章、附录)、段改丽(预备知识),西安机电学校的郭芳英(第一、七章)。书中的部分插图由段改丽制作。温靖宇、张军、吴波等同学打印了部分初稿文字,学员一队参加了三校稿的校对工作。

由于著者水平有限,加之时间仓促,由于条件所限,有很多想法未能实现。书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

闫夷升

2001年7月

绪 论

一、物理学及其发展

我们周围的自然界无限广袤,万象纷呈。目前,人们探索自然界的尺度,可以大到约 2×10^{26} m(约 200 亿光年)的宇宙天体,也可以小到线度仅在 10^{-16} m 以下的某些基本粒子;在时间范围上,最长可以到 1.5×10^{18} s(约 200 亿年)的宇宙年龄,最短可以到只有 $10^{-24} \sim 10^{-23}$ s 的某些微观粒子的寿命。在这样一个浩瀚无垠的时空范围内,存在着各种各样的物质客体,它们运动不息,彼此相互作用和相互转化。这些不同物质及其不同的运动形式,各自具有特殊的规律性。对这些客观规律的研究,形成了各门不同的自然科学。物理学就是其中的一门。

1、什么是物理学

物理学是研究物理的基本结构及其最基本、最普遍的运动形式,以及物质之间的相互作用和相互转化规律的科学。

由于物理规律具有极大的普遍性,它为很多自然科学、工程技术提供了理论基础和实验技术。正如中国科学院院士、中国物理学会理事长冯端教授所指出的:“物理学作为严格的、定量的自然科学的带头学科,一直在科学技术发展之中发挥极其重要的作用。过去是如此,现在是如此,展望未来也将是如此。”物理学的基本理论渗透到自然科学的许多领域,应用于生产技术的诸多部门。它们之间相互影响,不断发展。以物理学基础知识为内容的大学物理课程,它所包括的经典物理、近代及现代物理学在科学技术上应用的初步知识等,都是一个高级技术人员和军事指挥人员所必备

的。所以,对初级指挥院校的学员来说,物理学是一门重要的必修基础课,特别是在高科技迅速发展的当今社会,学好大学物理学课程尤为重要。

2. 物理学的发展

物理学的发展源远流长,大体上可分为三个阶段:物理学的萌芽时期,经典物理学时期,近代、现代物理学时期。

从远古时代起,一直到中世纪,在漫长的历史进程中,人类从生活和生产的实践活动中,逐步积累起了一些物理学知识,特别在静力学、几何光学、静电现象、物质的磁性、声学等方面积累了不少的知识并发现了一些简单的定律,对物质的结构和互相作用也提出了不少的有意义的看法。对这些,中国、古希腊等文明古国有过很大的贡献。例如,我国古代的《墨经》、《考工记》、《淮南子》、《梦溪笔谈》等著作中,就有不少物理知识的记载。不过,这一时期,由于生产力水平的低下,以及封建制度和欧洲大陆宗教神学的统治,使得人们对物理知识的积累只是零碎的,未能形成一门独立的学科。这个时期的物理学只是处在萌芽时期。

欧洲文艺复兴时期以后,由于人们思想上的解放,积极探索自然规律的气氛逐步形成,加之工业生产的不断发展,给自然科学提供了新的试验工具和手段。同时,也因为数学的进步,使得物理学的迅速发展成为可能,并形成一门独立的学科。从16世纪到19世纪末,先后由牛顿建立起了经典力学,首先把天体和地面物体的运动统一起来;由迈耶、焦耳、克劳修斯、玻耳兹曼、吉布斯等人建立起了热力学和统计物理学,发展了热运动和其它各种运动形式的相互联系和转化,建立起能量守恒定律,找到了宏观现象与微观客体运动之间的联系;以法拉第和麦克斯韦为主要创始人的电磁学和电动力学,把过去认为互不关联的电、磁、光等现象统一了起来。这样就逐步形成了完整的经典物理学理论体系。

经典物理学完成以后,对于一般常见的物理现象,都可以从这

一理论得到满意的解释,因而,不少物理学家认为,物理学的大厦已经基本落成,人类对自然界基本规律的认识已经到了尽头,剩下的事情不多了。但是,19世纪末20世纪初的科学实验却进一步揭示了许多经典物理学无法解释的现象,特别是微观世界和高速领域许多新现象的发现,导致了物理学的一场伟大而深刻的革命。这场革命的主要结果是相对论和量子论的诞生。爱因斯坦建立的相对论,把物质、运动、时间、空间统一了起来,形成了新的时空观。由普朗克、玻尔、海森堡、德布罗意、薛定谔等人建立起来的量子理论——量子力学,进一步把实物和场统一了起来,并揭示了物质的波粒二象性,找到了认识微观世界的钥匙。这两门学科的建立,标志着物理学进入了近代物理学阶段。

20世纪以来,物理学发展的一个趋势是,许多物理学家以相对论和量子力学为理论基础,把物理理论、研究方法和实验手段用来研究自然科学的其它领域,如生物物理学、遗传工程学等。物理学本身也出现了许多分支学科,如天体物理学、凝聚态物理学、等离子体物理学、激光理论等。另外,人们的探索也已从研究平衡态到研究近平衡态,直到研究远离平衡态的各种现象,而在研究远离平衡态的有序现象的耗散结构理论和协同论等方面,近期内已有了飞速的发展。总之,物理学向其它有关自然科学的渗透、推动了这些科学的发展。人们常把20世纪50年代以后物理学的发展,称之为现代物理学。

当今,物理学发展的另一趋势是沿着两个前沿领域展开的。这两个领域是粒子物理学和天体物理学。粒子物理学以量子场论作为理论基础,以高能加速器、宇宙射线探测为其实验手段,研究基本粒子的内部结构、它们的相互作用和相互转化和规律。目前,这一领域的研究十分活跃,人们已经发现了不同层次的许多粒子,例如对夸克模型、轻子模型的研究都有了许多建树。天体物理学是在广义相对论的理论基础上,将粒子物理学和凝聚态理论结合

起来,运用巨大的天文望远镜及射电技术、航天技术,对宇宙天体进行观察研究,并根据观察结果对天体的演化进行理论分析。其中一个重要的成果是所谓“宇宙大爆炸”理论,按照这个理论,宇宙是从一个无限稠密的状态开始的。在大爆炸中“创生”了时间和空间,以及宇宙中的一切物质。根据天体物理学家的推算,大爆炸发生在距今约 200 亿年前。不少观察资料表明,所有的遥远星系都正在退离我们而去,宇宙仍在膨胀之中,而且膨胀在所有方向上都是相同的,也就是说,宇宙是惊人地对称的,这些与大爆炸理论非常吻合。

赵凯华和罗蔚茵教授在新概念物理教程中对现代物理学的发展作了十分精彩和独到的描述:物理学是探讨物质基本结构和运动基本规律的学科。从研究对象的空间尺度来看,大小至少跨越了 42 个数量级。

人类是认识自然界的主体,我们以自身的大小为尺度规定了长度的基本单位——米(meter)。与此尺度相当的研究对象为宏观物体,伽利略为标志物理学的研究是从这个层次上开始的,即所谓宏观物理学。上次世纪之交物理学家开始深入到物质的分子、原子层次(10^{-9} 米~ 10^{-10} 米),在这个尺度上物质运动服从的规律与宏观物体有本质的区别。物理学家把分子、原子,以及后来发现更深层次物质客体(各种粒子,如原子、质子、中子、电子、中微子、夸克)称为微观物体。微观物体的前沿是高能或粒子物理学,研究对象的尺度在 10^{-15} 米以下,是物理学里的带头学科。20 世纪在这学科里的辉煌成就,是 60 年代以来逐步形成了粒子物理的标准模型。

近年来,由于材料科学的进步,在介于宏观和微观的尺度之间发展出研究宏观量子现象的一门新兴的学科——介观物理学。此外生命的物质基础是生物大分子,如蛋白质、DNA,其中包含的原子数达 $10^4 \sim 10^5$ 之多,如果把缠绕盘旋的分子链拉直,长度可达

10^{-4} 米量级。细胞是生命的基本单位,直径一般在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 米之间,最小的也至少有 10^{-7} 米的量级。从物理学的角度看,这是目前最活跃的交叉学科——生物物理学的研究领域。

现在把目光转向大尺度。离我们最近的研究对象是山川地体、大气海洋,尺度的数量级在 10^3 米-- 10^7 米范围内,从物理学的角度看,属地球物理学的领域。扩大到日月星辰,属天文学和天体物理学的范围,从个别天体到太阳系、银河系,从星系团到超星系团,尺度横跨了十几个数量级。物理学最大的研究对象是整个宇宙,最远观察极限是哈勃半径,尺度达 $10^{26} \sim 10^{27}$ 米的数量级。宇宙学实际上是物理学的一个分支,当代宇宙学的前沿课题是宇宙的起源和演化,本世纪后半叶这方面的巨大成就是建立了大爆炸标准宇宙模型。这模型宣称,宇宙是在一百多亿年前的一次大爆炸中诞生的,开初物质的密度和温度都极高,那时既没有原子和分子,更谈不到恒星与星系,有的只是极高温的热辐射和在其中隐现的高能粒子。于是,早期的宇宙成了粒子物理学研究的对象。粒子物理学的主要实验手段是加速器,但加速器能量的提高受到财力、物力和社会等因素的限制。粒子物理学家也希望从宇宙早期演化的观测中获得一些信息和证据来检验极高能量下的粒子理论。就这样,物理学中研究最大对象和最小对象的两个分支——宇宙学和粒子物理学,竟奇妙地衔接在一起,结成为密不可分的姊妹学科,犹如一条怪蟒咬住自己的尾巴。

以上说明了物理学既是一门“古老”的学科,又是一门生气勃勃,具有广阔发展前途的学科。物理学的成就,深刻地影响了我们人类对自然界的见解:自然界是有规律的,人类的智慧是能够认识这些规律,并能利用这些规律来改变我们的生活的。物理学将对人类的文明不断地做出贡献。

二、物理学的特点

任何一门学科,都有它自身的特点,而了解一门学科的特点,正是理解和掌握这门学科的关键。

物理学的主要特点有:

1、物理学是观察、实验和科学思维相结合的产物

物理学和所有其它科学一样,为了达到它的目的,必须依靠观察和实验。观察是有目的地了解物理现象,以及影响物理现象的各种因素,以便对这种现象进行仔细的研究,从而得到物理规律。但是,在某些情况下,有些物理现象只是偶尔发生的,所以需要人为地控制条件,利用仪器设备,突出物理现象的主要因素,使它反复出现,并且通过改变条件,以便发现条件对物理现象的影响,这就是物理实验的方法。所以,观察和实验,是了解物理现象、测量有关数据和获得感性知识的源泉,是形成、发展和检验物理理论的实践基础。但是,要使感性知识上升为物理理论,还要经过科学思维这一认识过程。这种认识过程通常是经过分析、综合、抽象、概括等思维活动,并通过建立概念、作出判断和推理来完成的。

物理模型的建立、物理概念的形成、物理规律的发展,都是观察、实验同科学思维相结合的产物。

当然,在物理学的发展史上,还有一些物理理论是首先由物理学家作出预言,然后再通过实验来检验这些理论的正确性的,必要时还需要对理论作出某些修正和改进。物理学发展到今天,在物理学家预言的新理论的指导下进行新实验的这一模式,更显得重要。事实说明,没有理论指导的实验,往往是不能成功的。实验和理论之间的这种互相交织的关系,使得物理学在坚实的基础上稳步前进。

2、物理学的内容主要由物理概念和物理规律所构成,而其核心是物理概念。

物理概念反映了客观事物、现象的物理本质属性。在自然界中,只有具有物理属性的事物和现象才能成为物理学研究的对象。也只有把该事物的物理属性从该事物的其它属性(如生物属性)中区分出来,并用定义的方式来表明它时,才形成物理概念。

物理概念不仅定性地反映了客观事物的本质属性,而且有很多物理概念还定量地反映了客观事物的本质属性。对于后一种物理概念,我们也称为物理量。例如速度、加速度、力、温度、电容、电通量、磁通量等,既可称它们是物理概念,又可称它们是物理量。但是象速度的相对性、矢量性、线性波的迭加性、不同形式能量的可相互转化性等,就只能说它们是物理概念,而不能说它们是物理量。

物理概念是组成物理内容的基本单元,而构成物理内容的另一重要部分是物理规律。物理学中的公式、定理、定律和原理等,统称为物理规律。物理规律是指物理现象之间的客观内在联系,它表示物理概念之间实际存在着的关系。因此,在任何一个物理规律中,总是包含有若干个有联系的物理概念。任何不相干的物理概念,是不能组合起来构成物理规律的。所以不建立清晰的物理概念,也就谈不上对物理规律的掌握。

一个物理规律,不仅指明了组成规律的各物理概念的联系,它还揭示了个概念之间数量上的相互制约关系。这种相互制约关系,指明了物理现象发生和发展的“因果”图象。

物理规律可按物质的运动性质,分为力学、热学、电磁学、光学、原子物理等的规律,又可按运动过程中物理量的变化特点分为瞬时规律、分布规律、瞬时分布规律和守恒规律等。若过程中的物理量仅随时间变化,即称为瞬时规律;仅随空间变化,即称为分布规律;随二者改变时则称为瞬时分布规律;若不随二者改变,即称为守恒规律。

物理规律的建立都是有条件的,而且常常不显含在规律的表

述之中。例如牛顿运动规律只是在惯性系中成立。因此,学习物理规律,一定要注意它的条件或适用范围。

3、物理学是一门定量的科学,它与数学有密切的联系

物理学是一门定量的科学,它与数学有密切的联系。数学在物理学中的重要作用,主要表现在:

数学可以作为“语言”工具。它是表达物理概念、物理规律最简捷、最准确的“语言”,只有把物理规律用数学形式表达出来,这个物理规律才能更准确地反映客观实际。所以,也可以这样来理解,物理理论是对物理世界的数学描述。

数学也可作为一种“推理”工具。今后我们将会看到,在物理学中,常常利用已知的规律,根据一定的条件,用数学工具推演出一些新的规律。

在研究和解决物理问题时,还常常需要用数学知识进行定量计算。

可见,数学是物理学研究的重要工具,是物理理论的一种表述形式,特别在科学发展突飞猛进的当今情况下,没有数学方法作为工具,物理学将寸步难行。在大学物理中,所需的数学知识,除了初等数学外,主要是矢量代数、微积分等高等数学知识。我们在学习了高等数学之后,第一次予以大量运用的课程就是大学物理。

4、物理学中所研究的对象,几乎都是利用科学抽象和概括的方法建立起来的理想模型

客观存在的物理现象,常常是错综复杂的,它可能受多种条件的制约且具有多方面的属性。然而,对于一定的物理现象,所有的条件和属性都起着同等重要的作用。为了研究方便,需要舍弃其中一些不起主要作用的因素(即条件和属性),突出其主要作用的、本质的因素,从而建立起理想模型。这种理想模型,指的是理想化客体和理想化过程。

例如本书中将要遇到的质点、刚体、弹簧振子、理想气体、点电

荷、点光源、均匀电场、黑体等都是理想化客体。

又如匀速直线运动、简谐振动、简谐波、等温过程、等压过程、绝热过程等等都是理想化过程。

可见,物理学中的规律,都是一定的理想化客体在一定的理想化过程中所遵循的规律。它更本质地反映了同一理想化客体的共同规律。运用理想模型研究物理问题,当然具有现实意义,因为只要根据实际情况,对理想模型稍作修改补充,所得到的物理规律,就能够更好地符合真实客观世界的实际。

运用理想模型研究物理问题,是一种重要的科学研究方法,这种方法,也适用于其它自然科学的研究。

5、物理学与辩证唯物主义有着密切的关系

物理学研究的是自然界最基本、最普遍的运动规律,因此,它与辩证唯物主义哲学的关系极为密切。哲学的发展水平与物理学的发展程度是相适应的,它经常从物理学的最新成就中汲取营养,不断丰富和发展它的各个基本原理。所以物理学是哲学的一个基础。另一方面,物理学发展的历史又表明,它的发展始终离不开辩证唯物主义哲学的指导,它是物理学健康发展的重要武器。物理学的内容充满着活的辩证法。例如物理学中对于物质结构和各种运动规律的认识,相对论中关于时、空的看法,对光现象认识的辩证过程,以及物理学的研究方法等等,无不说明辩证唯物主义哲学原理与物理学的密切关系。从一定意义上说,物理学和辩证唯物主义哲学是从不同的方面完成我们认识周围物质世界的任务的,它们都在促进人类的文明发展。

三、怎样学好大学物理

大学物理学是在中学物理的基础上开设的一门大学基础课程,它包含的经典物理、近代和现代物理以及物理学在科学技术上应用的初步知识等。怎样才能学好大学物理学呢?不同的学生有

不同的情况,但作为共同之点,应该注意下面几个主要方面。

1、要明确学习大学物理学的目的

在高等工科院校、军校大学本科和专科开设大学物理课的目的,一方面在于为同学们较系统地准备必要的物理基础,以便更好地学习后续课程;另一方面使同学们初步学习科学的思想方法和研究问题的方法。这些都将起到开阔思路、激发探索和创新精神、增强适应能力、提高人才素质的重要作用。学好大学物理学,不仅对同学们在校学习十分重要,而且对毕业后的工作及进一步学习新理论、新技术,不断更新知识,都将发生深远的影响。事实说明,一个优秀的工程技术人员,必定具有坚实的物理基础。同样,一个称职的指挥军官也必须掌握一定的物理知识,才能适应未来军事高科技的发展。只有明确了学习大学物理的目的,才能真正做到自觉的学习。

2、根据物理学的特点进行学习

前面我们已经介绍了物理学的一些主要特点,这些特点反映了研究和处理物理问题的一些基本观点、基本思路和基本方法。同学们如能对照这些特点进行学习,就能够比较准确地建立概念、理解规律、获得课程所要求的解决和处理一些实际问题的能力,就能够少走弯路,提高学习效率。

3、不断改进学习方法

实践表明,科学的学习方法对学好一门课程具有非常重要的作用。科学的学习方法,能帮助提高学习能力,更好地掌握所学内容,促进对智能的培养。因而,同学们在学习中,需要注意不断改进学习方法,使之更加科学。

学习方法虽然因人而异,但也有很多共同之处。例如,要合理地安排学习时间;要注意笔记(课堂笔记和读书笔记),做小结;要认真看教材;要学会阅读参考书及参考文献资料,开始时可能会遇到一些困难,但正如杨振宁教授说过的,“你看了一个东西不太懂,

但多看几次以后,就会不知不觉地吸收进去了。这是一种很重要的学习方法”;根据我个人学习物理的经验,一是对教材中的公式、定律、定理要亲自推导一遍。对例题要进行剖析,总结出解决问题的方法;二是要多做习题。只有通过做题,才能发现自己哪些内容还没有掌握;三是对一些重要的内容,要在理解的基础上作必要的记忆,等等。

除了上述学习方法外,还应根据物理学的特点,注意下面几个问题。

要学会判断研究对象和条件。物理现象往往是较复杂的,重要的是在复杂的情况下,把研究对象和周围事物分析得十分清楚,这样才能目标明确,轮廓清晰,概念准确。另外,任何一个物理规律和处理物理问题时所得到的结论,都是在一定条件下成立的,条件变了,规律和结论将随之改变。例如牛顿第二定律只在惯性系中且物体作低速运动时才成立。在非惯性系中,牛顿第二定律不再成立;另外,物体作高速运动时,由于它的质量不再是定值,需要考虑相对论效应,因而,定律的形式也就要修改。这说明充分留意规律和结论成立时所对应的条件是极其重要的,切不可忽视。要正确理解物理公式中各个物理量的意义,搞清它们之间的相互关系,以及掌握好物理公式适用的条件。

要认真完成课程所要求的习题,解题能帮助理解、消化所学内容,又能初步锻炼解决实际问题的能力。因此,要学会应用物理学的理论、观点、方法去分析、研究、计算物理习题。这就要准确运用解题的一般方法和步骤,即:正确分析题意,明确研究对象,分析已知条件及所求内容,给出示意图,进行具体演算;最后根据单位、数量级和与已知典型结果进行比较,判断结果的合理性。

4、怎样学习物理学

著名理论物理学家、诺贝尔奖金获得者理查得·费曼说:“科学是一种方法,它教导人们:一些事物是怎样被了解的,什么事情是

已知的,现在了解到什么程度(因为没有事情是绝对已知的),如何对待疑问和不确定性,证据服从什么法则,如何去思考事物,做出判断,如何区别真伪和表面现象。”学习物理学,不能仅仅掌握一些知识、定律和公式,更不要把自己的注意力只集中在解题上,而应在学习过程中努力使自己逐渐对物理学的内容和方法、工作语言、概念和物理图象,以及其历史、现状和前沿等方面,从整体上有个全面的了解。

学好物理学,关键是勤于思考,悟物穷理。

勤于思考,就要对新的概念、定义、公式中的符号和公式本身的含义,用自己的语言陈述出来。对于定理的证明、公式的推导,最好在了解了基本思路之后,自己背着书本把它们演算出来。这样你才能对它们成立的条件、关键的步骤、推演的技巧等有深刻的理解。

悟物穷理,就要多向自己提问:哪些是事实?哪些是推论?推论是怎样得来的?我为什么相信它?……问题可以正面提,也可以反向提。譬如,已知物体所受的力,可以求它的运动;知道了它的运动,反过来问它受了什么样的力。

勤于思考,悟物穷理,就要对问题建立自己的物理图象。学习物理,不做习题是不行的,但做习题不在于多,而在于精。习题做完了,不要对一下答案或缴给老师去批改就了事。自己从物理上应该想一想,答案的数量级是否对头?所反映的物理过程是否合理?能否从别的角度判断自己的答案是否正确?我们应该力争能够作到,习题要么做不出来,做出来就有充分的理由相信它是对的,即使它和书上给的答案不一样。老师说你错了,你在未被说服之前敢于和老师争辩。好的老师最欣赏的就是能指出自己错误的学生。如果最后证明你自己错了,也错个明白。