



普通高等院校基础课程应用型特色规划教材

新世纪物理学学习指南

XINSHIJI WULIXUE XUEXI ZHINAN

吴大江 胡毅 何明标 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

普通高等院校基础课程应用型特色规划教材

新世纪物理学学习指南

吴大江 胡毅 何明标 编 著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

当代教育由“精英教育”向“大众教育”迅猛发展,高等教育正由以传授知识为主转变为以提高能力、加强素质培养为主。《新世纪物理学学习指南》是根据高等学校大学物理课程教学基本要求,吸取国内外精品教材的精华、在教学改革的实践和总结教学经验的基础上配合《新世纪物理学》主教材而编写的。

全书分为第1篇力学、第2篇电磁学、第3篇热学(统计物理学基础和热力学基础)、第4篇振动、波动和光学(机械振动、机械波基础和波动光学)和第5篇近代物理(狭义相对论力学基础和量子力学基础),共16章。每一章由5部分组成,分别为:本章要求、内容提要、解题思路、思考题选答和试题精解。把做每一道习题,当作是一次科学研究的微型训练,是对提高同学们的科学素质大有帮助的。

本书可作为高等院校工科、各独立学院大学物理教材;也可供综合大学非物理专业、高等师范、成人教育和职工大学等院校作为大学物理辅助教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新世纪物理学学习指南/吴大江,胡毅,何明标编著. —北京:北京邮电大学出版社,2010.4
ISBN 978-7-5635-2237-8

I. ①新… II. ①吴…②胡…③何… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第017583号

书 名: 新世纪物理学学习指南
作 者: 吴大江 胡毅 何明标
责任编辑: 满志文
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市梦宇印务有限公司
开 本: 787 mm×960 mm 1/16
印 张: 13.5
字 数: 291千字
版 次: 2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-2237-8

定 价: 27.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

作者在多年的教学中,经常听到学生反映:物理概念太多、公式太多,面对习题束手无策。外国的学生也有同样的反映,总之,物理难学。

美国 S. A. 威廉斯在《普通物理学习指南》一书中谈到:“美国学习物理学的学生往往在考试后抱怨,‘我理解全部理论,但似乎不会解任何习题’。他指出,其实事情的实际情况更接近于:‘我已经记住任何可能装进我脑袋的所有公式,但是总不能正确地用它们来解题。”

美国学者 C. 基特尔在《伯克利物理学教程》致学生一文中有一精辟的见解:“大学物理课的头一年一向是最难的。在第一年里,学生要接受的新思想、新概念和新方法,要比在高级或研究院课堂中还要多得多。一个学生如果清楚地理解了力学中所阐述的基本物理内容,即使他还不能在复杂的情况下运用自如,他也已经克服了学习物理的大部分的真正困难了”。

这里所谓的“学生要接受的新思想、新概念和新方法”和美国学习物理学的学生往往在考试后抱怨的问题,都涉及调查研究、分析问题的方法和解决问题的能力。由此可见,学习和掌握分析问题的方法和培养提高自身的能力是多么重要!

学习物理的方法,首先要理解和掌握有关的概念,然后是分清主次、搞清楚概念原理间的关系。学习概念原理重在理解,理解的前提是牢记叙述原理和定义的一些科学语言。这些科学语言是我们进行正确地描述、分析、思考和解决问题的基础。没有这些科学语言储备,就谈不上学好物理,更谈不上科学交流。本书的各章的“内容提要”给出了基本的物理概念和原理的叙述,希望读者能熟练地记住。记原理和公式时,了解其中的推理过程才是好的学习方法。

学习物理的又一个极其重要的方法是:解答物理问题和习题,解题的过程就是培养能力和提高能力的过程。解题要有正确的思路,这要求首先要对有关的原理有一定正确的理解,善于根据已知(明显的和隐含的)条件,观察和分析,充分发挥形象思维的优势,精细地作图,使每一步做到有根有据,思路清晰,(图、文、公式和演算等)表达明晰。把做每一道习题,当作是一次科学研究的微型训练,会对提高自己的科学素质大有帮助的。习题精

解只是给出了一种参考解法,仅供参考,千万不可照抄应付,学习是来不得半点虚假的。

学习物理要加强自学能力的培养。课前要仔细阅读教材,课堂要注意听讲,老师总会有重点、独到之处的分析。聆听老师的讲解是难得的学习机会,应该自觉地珍惜,把握并从中获益。在自学的基础上,就老师的讲解有重点地记一些心得体会是一种很好的学习方法。

物理学是一门基础学科,只要学习得法,刻苦认真,从中不仅能学到大量的知识,而且能培养科学思想和科学方法,提高科学素质和激发创新能力。

本书由吴大江和胡毅编写,试题由王盛华核算。全书的结构、框架和统稿由吴大江承担,全书由何明标教授审阅。

在本书的编写过程中,得到北京师范大学珠海分校各级领导和南昌大学科学技术学院基础教学部教师的大力支持,特别要感谢唐小迅副教授和吴评副教授提供了大量的教学资料。同时,参阅了兄弟院校有关教材,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限、时间仓促,书中的不足之处,恳请广大读者批评指正,深表感激!

吴大江

2009年12月于北京师范大学珠海分校

授人以鱼,不如教人以渔

——致大学一年级同学

同学们好:

祝贺同学们步入高等学府的殿堂,迈出人生辉煌的一步,可喜、可贺。你们赶上了美好的时代。古老而伟大的中华民族,近代,经历了百年贫穷落后、受人凌辱的、悲惨的年代之后重新崛起。振兴中华是我们每位炎黄子孙的责任,特别是你们,新世纪的青年,意气风发、朝气蓬勃、像早晨八九点钟的太阳,未来是属于你们的,希望寄托在你们身上,让我们共同为振兴中华而努力奋斗。

新世纪教师的责任是:教书育人。谈到教书,唐代著名学者,韩愈在《师说》一文中道:“古之学者,必有师。师者,所以师者传道授业解惑也。”新世纪的人民教师,仅仅停留在传道授业解惑上面是完全不够的,新时代的师生关系应该,既是师者又是朋友。师道尊严与交朋友是辩证的统一,既要尊师,又要爱生,“无爱不教”,我们都要有爱心,“情如兄弟”、“情如父子”。

大学生时代是人生最美好的时代、美好的年华;大学生活是人生转变的第一关键时刻,也是人生观和世界观形成的关键时刻。同学们是否思考过:在你人生的黄金时代,怎样去学习、如何有意义地度过四年的大学生活?

授人以鱼,不如教人以渔。古人云:“授人以鱼,只供一饭之需;教人以渔,则终生受益无穷”。所以,我要和大家谈一谈教学目标、学习目标和学习方法。目标明确又有了好的方法,是否一定能成功呢?常言说得好“书山有路勤为径,学海无涯苦作舟”。有了目标、激情和勤奋,就一定能成功的!

大学教学目标

爱因斯坦讲过:“学校的目标应该是培养有独立行为和独立思考能力的人”。怎么培养呢?完全靠分数,不提倡同学们提问题,不能独立思考,又怎么能创新、怎么能产生重大成果呢?

有的同学说:上大学就是来学知识、学学问或做学问的。这很对!学问,学问就是学习问问题。孔子早就说过:每事要问。爱因斯坦说:“我没有特别才能,只不过喜欢追根究底地问问题罢了”。

我们提倡课前预习,就是希望同学们带着问题听课、思维与老师同步,学习效果会很好。有问题一定要问,问老师、问同学。三人行,必有我师焉。同学之间讨论问题是一种非常好的学习方法。

三千年前,一位哲人说过:“头脑不是一个待被填满的容器,而是一个需要被点燃的火种”。人无全才,人人有才。“法国巴黎高等师范学校”,大家一听到这个名字,又是师范,又是高等,又不叫学院,更不叫大学。但是,它是世界上最著名的大学之一(培养了不少诺贝尔奖得主和政要)。她说学校的任务是发挥学生的天才。前提是,首先承认学生是天才。美国哈佛大学 350 年校庆的时候,有人问:学校最值得夸耀的是什么?校长回答说不是学校培养了 36 位诺贝尔奖得主,而是使进入哈佛的每一颗金子都发光。首先承认进入哈佛的都是金子,你让他发光,要去发掘出他的发光点。

当代教育正由“精英教育”向“大众教育”迅猛发展,“应用型大学”像雨后春笋般地迅速发展、壮大、成熟,教学质量也在逐步提高。在这种新形势下,要求高等教育由传授知识为主转变为提高能力、加强素质培养为主,特别要在教与学的两个方面都体现这种精神,更好地培养学生的观察力、思维力、自学力和创新力。同学们,你们都是金子,都应该发光,也能发光。

物理学是自然科学和科学技术的基础

公元前二世纪,在《淮南子·览冥训》中就有“故耳目之察,不足以分物理”的记载,在这里,物理指的就是自然界存在的各种事物的道理。可见,学习物理是多么的重要。大学物理学课程是一门重要的基础课,它也是为提高学生的现代科学素质服务的。为此,物理课程应将提供一定范围、一定深度的系统的现代物理学知识作为科学素质的基础,为学生学习后续课程以及将来从事各项工作、科学研究打下必要的物理基础的同时,培养学生的科学观思想、科学方法和科学态度,训练学生掌握科学的思维方法,提高分析问题、解决问题的能力并引发学生的创新意识。

在大学物理课的各个教学环节中,都必须注意在传授知识的同时着重培养能力,通过本课程的教学,应使学生初步具备以下能力:

(1) 能够独立地阅读相当于大学物理水平的教材、参考书和文献资料,并能理解其主要内容和写出条理较清晰的笔记、小结或读书心得。

(2) 了解各种理想物理模型并能够根据物理概念、问题的性质和需要抓住主要的因素,略去次要要素,对所研究的对象进行合理的简化。

(3) 会运用物理学的理论、观点和方法、分析、研究、计算或估算一般难度的物理问题、并能根据单位、数量级与已知典型结果的比较,判断结果的合理性。

近代物理的概念、研究方法和实验技术在各学科的广泛应用,是各类高层人才所必须具备的知识,学了物理的应该很自豪! 恢复高考后 20 多年来,位于上海的我国著名大学之一

的复旦大学培养的最有名的人中有世界银行副行长,第一副行长,也是第一个华人当副行长。他是学习银行的吗?不学银行。学经济的?也不学经济,他是学物理的,他叫何华。20世纪80年代毕业于复旦大学物理系的何华先生,曾任世界银行第一副行长、现任耶鲁大学教授,就是凭借在复旦大学物理系点燃的火种和培养的独立思考能力,大学毕生后来到美国Soleman Blad Company,十个月为公司赚了两亿美元。问他是怎么赚的?他说:“我用夸克理论(物理模型)算股票,谁也算不过我”。他开创了一个新的领域——Econo-physics(经济物理学),由此可以看出:在物理学的字典中是没有“改行”两个字的,学物理的应该很自豪。

学生以学为主,在学习理论知识的同时,把精力集中到教师讲解的分析问题的方法、研究问题的思路和科学方法论上。选修有关科学方法论的课程。

学会看书——把书本“由厚变薄(分析),又从薄到厚(归纳、演绎)”。

善于自学——通过书本(文字)、现代化手段(电视、电脑)等进行学习。

勇于实践——通过实践,“在战争中学习战争”(毛泽东)、在工作和生活中学习。一定要运用学得的知识解决问题。一定要做到:课前预习、课外练习(学而时习之,不亦乐乎!)

以科研和实验促进物理学习,利用实验室仪器条件,鼓励学生参与教师的科研课题,让学生在低年级就能运用自己所学实验的知识,学会理论联系实际,学生可以从中获益,物理实验课程本身也能增加其生命力。

吴大江

2009年12月于北京师范大学珠海分校

目 录

第 1 篇 力 学

第 1 章 质点运动学	3
1.1 本章要求	3
1.2 内容提要	3
1.3 解题思路	8
1.4 思考题解答	8
1.5 习题精解	9
第 2 章 牛顿运动定律	18
2.1 本章要求	18
2.2 内容提要	18
2.3 解题思路	19
2.4 思考题解答	20
2.5 习题精解	21
第 3 章 动量守恒	29
3.1 本章要求	29
3.2 内容提要	29
3.3 解题思路	30
3.4 习题精解	30
第 4 章 功和能	38
4.1 本章要求	38
4.2 内容提要	38
4.3 解题思路	40

4.4	思考题解答	41
4.5	习题精解	41
第5章	刚体力学	52
5.1	本章要求	52
5.2	内容提要	52
5.3	解题思路	55
5.4	思考题解答	56
5.5	习题精解	57

第2篇 电磁学

第6章	真空中的静电场	71
6.1	本章要求	71
6.2	内容提要	71
6.3	解题思路	74
6.4	思考题解答	75
6.5	习题精解	76
第7章	静电场中的导体和电介质	85
7.1	本章要求	85
7.2	内容提要	85
7.3	解题思路	86
7.4	思考题解答	87
7.5	习题精解	87
第8章	稳恒磁场	93
8.1	本章要求	93
8.2	内容提要	93
8.3	解题思路	96
8.4	思考题解答	97
8.5	习题精解	97

第 9 章 变化的电磁场	103
9.1 本章要求	103
9.2 内容提要	103
9.3 解题思路	105
9.4 思考题解答	105
9.5 习题精解	105

第 3 篇 热 学

第 10 章 统计物理学基础	115
10.1 本章要求	115
10.2 气体动理论提要	115
10.3 解题思路	116
10.4 思考题解答	117
10.5 习题解答	118
第 11 章 热力学基础	126
11.1 本章要求	126
11.2 热力学基础摘要	126
11.3 解题思路	128
11.4 思考题解答	129
11.5 习题精解	129

第 4 篇 振动、波动和光学

第 12 章 机械振动	143
12.1 本章要求	143
12.2 内容摘要	143
12.3 解题思路	144
12.4 思考题解答	144
12.5 习题解答	145

第 13 章 机械波基础	152
13.1 本章要求	152
13.2 机械波基础摘要	152
13.3 解题思路	153
13.4 思考题解答	154
13.5 习题精解	154
第 14 章 波动光学	165
14.1 本章要求	165
14.2 内容摘要	165
14.3 解题思路	168
14.4 思考题解答	169
14.5 习题解答	169
第 5 篇 近代物理	
第 15 章 狭义相对论力学基础	183
15.1 本章要求	183
15.2 内容提要	183
15.3 解题思路	184
15.4 思考题解答	184
15.5 习题精解	185
第 16 章 量子力学基础	190
16.1 本章要求	190
16.2 内容提要	190
16.3 解题思路	191
16.4 思考题解答	192
16.5 习题精解	192
参考文献	202

第 1 篇 力 学

第1章 质点运动学

1.1 本章要求

- (1) 掌握矢量、位移、速度、加速度、角速度等描述质点运动和运动变化的物理量。
- (2) 能借助于直角坐标系,计算质点在平面运动时的速度、加速度。
- (3) 能计算质点作圆周运动时的角速度、角加速度、切向和法向加速度。

1.2 内容提要

1. 质点

具有质量而其线度在所处理的问题中,可以忽略的物体,称为质点。质点是实际物体抽象化的力学模型。

2. 参考系

由于物体运动的相对性,描述一个物体的机械运动时,选择一个或几个相对静止的物体为比较的基准,用以确定物体位置的物体群,称为参考系。

同一物体的同一运动,对于不同的参考系,其描述是不同的。一般来说,研究运动学问题时,只要描述的方便,参考系可以任意选取。

3. 坐标系

定量地表示一个物体在各时刻相对于参考系的位置,必须选取坐标系。常用的坐标系,有笛卡儿直角坐标系、平面极坐标系和球面坐标系等。

4. 位置矢量

(1) 位置坐标

质点在笛卡儿直角坐标系中的位置,称为位置坐标。质点某时刻 t 在 P 点的位置坐标可用坐标原点 O 指向 P 点的有向线段 r 来表示,矢量 r 称为位置矢量,如图 1.1 所示。

从图 1.1 中可以看出,位置矢量在 x 、 y 和 z 轴上的投影(即 P 点的坐标)为 x 、 y 和 z 。

质点 P 某时刻 t 在坐标系中的位置,表示为

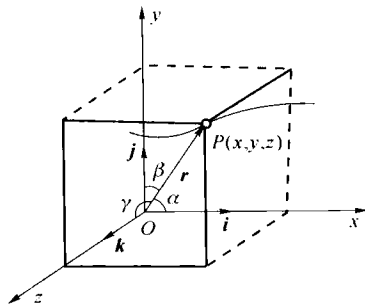


图 1.1 位置矢量

$P(x, y, z)$ 。

(2) 位置矢量

质点(P)在笛卡儿直角坐标系中的位置,可以用从原点到此点的一有向线段 \overrightarrow{OP} 来表示,并记为矢量 \mathbf{r} ,矢量 \mathbf{r} 的大小和方向完全确定了质点(P)相对于参考系的位置,称为位置矢量,简称位矢。其数学表达式为:

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

式中, \mathbf{i} 、 \mathbf{j} 、 \mathbf{k} 分别为 x 、 y 和 z 轴正方向的单位矢量。位置矢量的大小为 $|\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$,单位为米,用符号 m 表示。

方向余弦为

$$\cos \alpha = \frac{x}{|\mathbf{r}|}, \cos \beta = \frac{y}{|\mathbf{r}|}, \cos \gamma = \frac{z}{|\mathbf{r}|}$$

5. 运动方程

表示运动中的质点的位置随时间变化的函数。质点的位置用位矢 $\mathbf{r}(t)$ 表示,运动(函数)方程为: $\mathbf{r}(t, x, y, z)$,如图 1.2 所示。

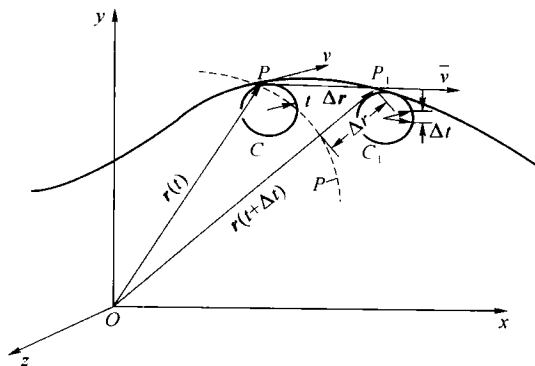


图 1.2 运动速度

6. 平均速度

位移 $\Delta\mathbf{r}$ 与发生这段位移所经历的时间 Δt 的比值,称为平均速度,用 $\bar{\mathbf{v}}$ 表示:

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)}{\Delta t}$$

7. 瞬时速度

质点位置矢量对时间的变化率,称为瞬时速度。数学表达式为

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

8. 速度的直角坐标法

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k} = v_x\mathbf{i} + v_y\mathbf{j} + v_z\mathbf{k}$$

$$v = |\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

速度的大小常称为速率。

9. 平均速率

路程与经历这段路程的比值,称为质点在这段时间内的平均速率 $\bar{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$,即质点在单位时间内所通过的路程,并不给出运动的方向。

10. 平均加速度

速度改变 Δv 与发生改变所经历时间 Δt 的比值,称为平均加速度,数学表达式为 $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$,如图 1.3 所示。

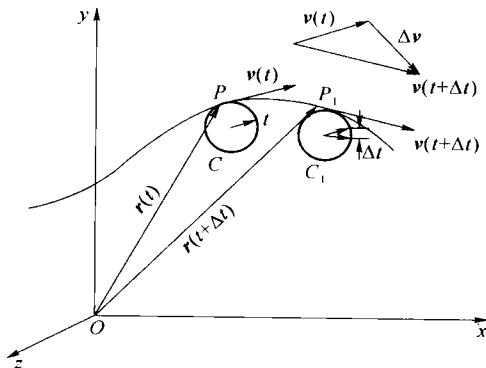


图 1.3 平均加速度 \bar{a} 的方向就是 Δv 的方向

11. 瞬时加速度(当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,曲线转化为直线)

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2} = a_x i + a_y j + a_z k$$

$$a = |a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}, a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

12. 自然坐标系中质点运动加速度

(1) 切向加速度: $a_\tau = \frac{dv}{dt}$ 为质点在某一位置(或某一时刻)速度矢量沿切线方向的投影 v 的变化率,方向与切线方向平行。

(2) 法向加速度: $v \cdot \frac{d\tau}{dt}$ 给出因速度方向(即切线方向单位矢量 τ 的方向)改变而具有的加速度:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

$$\text{故 } a = a_\tau \tau + \frac{v^2}{\rho} n。$$