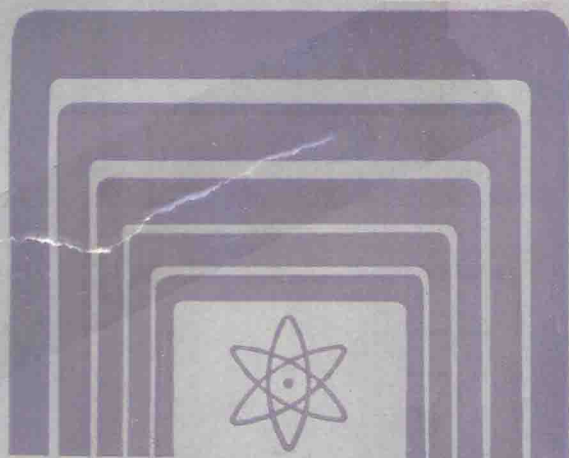


电视大学

普通物理学学习指导

(上)

王忠敏 编



黑龙江科学技术出版社

南京大學

普通物理學學習指導

(上)

王國華 編



普通物理學學習指導

电 视 大 学

普通物理学学习指导

(上)

Putong Wulixue Xuexi Zhidao

王 忠 敏 编

黑 龙 江 科 学 技 术 出 版 社

一九八五年·哈尔滨

前 言

广播电视大学的教学属于远距离教学，电大的学生与主讲教师不能直接见面，而教学班的辅导教师大多都是兼职的，因此电大学生在学习过程中他们常感到有许多困难，他们普遍渴望有一种适合他们自学的辅导性的参考书。为了帮助他们自学，笔者从电视大学教学和电大学生学习的实际情况出发，编写了《普通物理学学习指导》一书。关于本书的特点，阎金铎同志已在序言中作了介绍，此处不再赘述。

本书于一九八三年由黑龙江广播电视大学内部印刷并在系统内部发行试用后，在广泛征求和听取读者意见的基础上，根据中央广播电视大学一九八四届普通物理课的教学要求，笔者又对全书作了进一步的修改。

本书稿完成后，由黑龙江广播电视大学门全德、杨海林和张世忠三位同志作了审阅，又承蒙中央广播电视大学主讲教师、北京师范大学物理系副教授阎金铎同志作了全面的修改，并为本书写了序言。对于他们给予的热情支持和帮助，在此一并表示诚挚的谢意。

由于水平有限，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

王 忠 敏

一九八四年四月十日于哈尔滨

序 言

普通物理学是理、工、农、医各类高等院校学生必修的一门基础课。它研究物质运动的最一般规律和物质的基本结构。具体地说，它研究大到天体，小到基本粒子的各种物质的物理性质、相互作用，及其运动规律。物理学的知识和研究方法，已被广泛地应用于生产和许多科学技术领域，对于科学技术的发展和国民经济建设起着重要的作用。因此，学习普通物理学的目的，一方面是要系统地掌握物理学的基础理论；另一方面是要提高认识事物，探索知识，分析问题和解决问题的能力。

怎样学习普通物理学呢？

学习普通物理学，必须从观察、实验出发，把观察实验的结果进行概括，或者运用数学作为逻辑推理的工具，建立概念，建立概念之间的定量关系，从而找出反映客观事物性质的基本规律，最后，应用它们来分析或解决有关的问题。这就是说，学习普通物理学的三个环节是：（一）观察、实验；（二）思维加工；（三）应用。

观察、实验是获取知识的源泉。观察、实验的目的在于了解现象，取得数据，发掘问题，提供思维加工的线索和资料。

思维加工是把观察、实验所取得的资料，经过分析、推理、综合、概括等一系列的过程（其中包括应用数学公式或

图线表示物理内容和把数学作为逻辑推理的工具)，上升为概念、规律，形成理论。完成认识上的第一个飞跃。

应用是学习知识的目的。应用的场所，可以是后继课或专业课，也可以是工作实践。当然，在集中学习期间，主要还是做一些以它们为背景的各种练习题，把知识变为自己的实践，完成认识上的第二个飞跃。

由此可见，在学习知识的过程中，应当有意识地提高观察实验的能力，思维加工的能力，分析问题和解决问题的能力。

然而，这些能力的提高，必须寓于学习知识的全部过程中。

学习基础理论，关键在于掌握基本概念。概念是反映客观事物本质的一种抽象，是在大量观察的基础上，运用逻辑思维的方法，把一些事物本质的、共性的特征集中起来加以概括而形成的。任何一门学科，如果没有一些概念作为出发点，就不可能揭示这门学科的客观规律，也就不可能使其在实践中加以应用。例如，如果没有机械运动、坐标、位移、速度、加速度、力、质量、功、能、冲量和动量等概念，就不可能形成力学；如果没有电场、磁场、电场强度、磁感应强度等概念，也就不可能形成电磁学。可见，学好基本概念是极为重要的。

怎样才算掌握了概念呢？

掌握某一概念的标准，主要看是否明确以下三个问题：

（一）问题是怎样提出来的？为什么要引入这一概念？根据哪些事实，或哪些已知的理论，是怎样进行分析、综合、概括的？

(二) 概念是怎样定义的？如果它是物理量，其量值、单位如何？概念的物理意义是什么？其适用的范围、条件是怎样的？

(三) 这一概念与其它物理量有什么联系？运用它可以说明、解释哪些现象或解决些什么问题？分析和解决问题的思路和方法是怎样的？

也就是说，要掌握概念的来龙去脉。对于重要的基本概念，绝不应该只是简单地知道它的定义，或写出其表达式，而是应当按照上述的要求去理解和运用它。

应当指出，学习普通物理学，不要把精力集中在对繁杂问题的计算上，而要把主要精力放在深刻理解和灵活运用基本概念和基本规律上；不要产生一种错觉，似乎学习物理，就是背定义，记公式，计算难题。当然，计算一些习题也是完全必要的，但是不应当盲目地追求作题。必须明确，作题的目的是巩固、深化和灵活运用所学的知识，从而提高分析问题和解决问题的能力。

总之，学习普通物理学，既要掌握一定的基础理论，又要提高运用理论的能力。在学习过程中，要勤于观察、善于思考、勇于实践，要掌握基本概念，基本规律，基本方法，要努力培养自己发现问题、分析问题和解决问题的能力。

这本《普通物理学学习指导》，是王忠敏同志根据全国工科高等院校普通物理学教学大纲和中央广播电视大学对普通物理学的教学要求，并结合自己的教学经验，针对电大学生在学习普通物理学这门课程时经常遇到的问题编写而成的。本书的特点是：(一)为了便于学生系统地掌握基础理论，对每一

章的理论内容都作了简明扼要的阐述，对于学生感到困难的地方都作了必要的分析。(二)根据中央广播电视大学的教学要求，指出了每章的学习重点和难点，这样可使学生集中精力学习和掌握好主要内容。(三)对于每章中学生必须掌握的基本概念和定律都作了小结，以便学生在复习时查阅。

(四)在每一章里都列举了一些典型的概念题和计算题，并作出了示范性的解答，以便使学生掌握解题的基本思路和方法。在例题的讨论中，还指出了学生常犯的错误及其产生的原因，以防止学生重犯类似的错误。(五)对每一章解题的基本思路都作了小结，学生可在学习实践中去领会。(六)为了便于学生检查自己的学习情况，在每章最后都给出了小测验题，可供学生自我检查时选用。

本书可供广播电视大学师生、自学者及其它广大读者参考，对于他们理解普通物理学的基本概念和基本规律，掌握分析问题和解决问题的基本方法，是有益的。

阎 金 铎

一九八四年四月于北京师范大学

目 录

第一章 质点运动学	1
一、内容概述.....	1
二、重点和难点.....	11
三、基本概念和定律小结.....	11
四、典型例题.....	13
五、解题方法小结.....	24
习题.....	25
小测验.....	26
第二章 质点动力学	28
一、内容概述.....	28
二、重点和难点.....	38
三、基本概念和定律小结.....	39
四、典型例题.....	39
五、解题方法小结.....	62
习题.....	63
小测验.....	65
第三章 功和能	67
一、内容概述.....	67
二、重点和难点.....	74
三、基本概念和定律小结.....	75
四、典型例题.....	76

五、解题方法小结	89
习题	90
小测验	91
第四章 动量和冲量	94
一、内容概述	94
二、重点和难点	98
三、基本概念和定律小结	99
四、典型例题	100
五、解题方法小结	109
习题	110
小测验	111
综合型例题	112
第五章 刚体力学	124
一、内容概述	124
二、重点和难点	131
三、基本概念和定律小结	131
四、典型例题	133
五、解题方法小结	153
习题	153
小测验	156
第六章 振动	158
一、内容概述	158
二、重点和难点	166
三、基本概念和定律小结	166
四、典型例题	168

五、解题方法小结·····	181
习题·····	181
小测验·····	182
第七章 热力学基础·····	184
一、内容概述·····	184
二、重点和难点·····	206
三、基本概念和定律小结·····	207
四、典型例题·····	210
五、解题方法小结·····	228
习题·····	230
小测验·····	232
第八章 气体分子运动论·····	234
一、内容概述·····	234
二、重点和难点·····	253
三、基本概念和定律小结·····	254
四、典型例题·····	256
五、解题方法小结·····	268
习题·····	269
小测验·····	270
第九章 真空中的静电场·····	272
一、内容概述·····	272
二、重点和难点·····	288
三、基本概念和定律小结·····	289
四、典型例题·····	292
五、解题方法小结·····	311

习题.....	315
小测验.....	316
第十章 导体和电介质中的静电场.....	319
一、内容概述.....	319
二、重点和难点.....	339
三、基本概念和定律小结.....	340
四、典型例题.....	343
五、解题方法小结.....	364
习题.....	365
小测验.....	367

第一章 质点运动学

一、内容概述

本章的基本内容是运用时钟和尺子从时空角度来研究质点的机械运动。

§1 质点、坐标系和时间

1. 在我们所研究的问题中，如果能把物体看成只有一定质量而无形状和大小的点，则称此物体为质点。质点是我们研究运动使用的第一个理想化模型。它使我们对运动的描述简单化，本身就解决了对运动体的平动的描述，由于任何一个物体都可以看成点的集合，因此它又是研究复杂问题的工具。

一个物体能否看成质点，要根据所研究的问题决定，在一些情况下，大物体也可以看成质点，如地球、太阳；在有的问题中，小物体不一定都能看成质点，如炮弹和原子。

建立研究模型是科学研究的第一步，实际问题都是异常复杂的，我们必须抓住那些主要因素，忽略次要因素，进而获得一个与实际十分接近的模型，研究这个模型，就能使我们对实际问题有了深入的了解，否则我们就不能进行研究，不能获得对一个问题的理性认识。在科学研究中，点模型具

有广泛的意义。

2. 一个物体相对另一个物体的位置随时间而变化的过程叫做机械运动。这里说的“另一个物体”叫做参照物，在它上面建立的坐标系叫做参照系。参照物不同，对同一个物体运动的描述也不同，这是运动的相对性。选参照系很重要，它决定对运动描述的难易程度，我们总把坐标原点放在最方便的地方，即使我们不能直接到达那里。

一个物体相对于参照物的位置如何确定呢？我们在参照物上选一个可以识别的点作原点 O ，用过 O 点的三条互相垂直的标有长度的直线组成一个坐标系。第一种办法，我们把物体位置用它在三个坐标轴上的投影表示，即用 $A(x, y, z)$ 表示物体位置。第二种办法，我们用一条从原点 O 到 A 点的有向线段 $OA(r)$ 表示物体位置。前一种是坐标法。

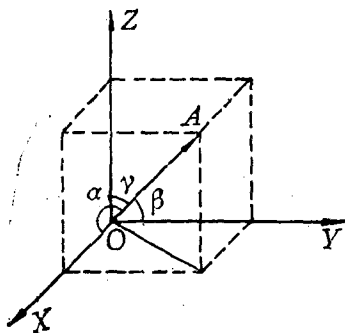


图 1-1

后一种是矢量法。前一种点的位置对应一组数 (x, y, z) ，后一种点的位置对应一个矢量。矢量由它的长度和它与三个坐标轴的夹角 α, β, γ 确定。由于两种办法表示同一点，据勾股定理有

$$|r| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

$$\cos \beta = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad (1.1)$$

$$\cos \gamma = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

在国际单位制中，长度单位是米(m)，角度单位是弧度rad。公式(1.1)把两种定位方法联系起来，矢量法便于理论研究，坐标法便于具体运算。一般地，矢量也可以用它的分量表示为 $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$

一个量是矢量必须满足： a ．加法的平行四边形法则； b ．具有一个与坐标系选择无关的一个数值和一个方向。注意有方向、有数值的量不都是矢量。

上面我们把物体位置作了定量描述，但这物体位置随时间变化又怎样描述呢？

首先，我们应当明确什么是时间？它如何度量？然后再建立这种联系。

什么是时间？通俗地说，时间是描述二个事件发生的先后次序的物理量。度量时间需要一只钟。任何周期性运动的物体都可以当作一只钟。和运动物体某一位置对应的时间叫时刻，与运动体走过一段路程所对应的叫时间，时间度量在于回答：事件发生在什么时刻？延续了多长？在国际单位制中，时间单位是秒(s)。

质点在空间的位置用尺子度量，质点在某处对应的时间用钟度量，于是我们就可以通过观察和实验建立起质点位置与时间的一一对应关系，即获得函数 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ ，或

$$x = x(t), y = y(t), z = z(t) \quad (1.2)$$

这样我们就把质点运动描述出来了，称(1.2)为运动方程。

§2 位移 速度 加速度

1. 为了用矢量描述运动，我们规定用有向线段 $\Delta \mathbf{r}$ 描述质点的位置变动，称作位移。位移大小为始末两点的直线距离，方向由始点指向终点。使用位移表示质点位置变动可以同时把位置变动的大小和方向表示出来。质点实际走过的轨道长 $\widehat{AB}$ 叫做路程，路程是标量，不能取负值。

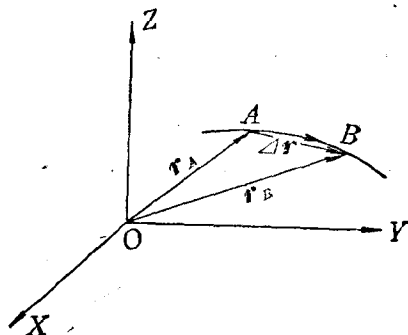


图 1-2

2. 质点运动有快慢之别，我们用 $\mathbf{V} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 作平均速度来粗略地反映运动的快慢，我们能否准确地反映出每一时刻运动快慢的情况呢？让我们来分析一个具体例子。

伽利略由实验得到自由落体的运动方程为

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

经过 Δt 后，落体位移是

$$\Delta x = \left[v_0(t + \Delta t) + \frac{1}{2}g(t + \Delta t)^2 \right] - \left[v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \right]$$

$$= v_0 \cdot \Delta t + gt \cdot \Delta t + \frac{1}{2}g\Delta t^2$$

$$\text{平均速度 } \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_0 + gt + \frac{1}{2}g \cdot \Delta t$$

我们不知道 t 时刻落体运动的快慢情况，只能以 t 时刻以后一段时间 Δt 内的平均快慢去近似反映它。显然， Δt 愈小，运动愈来不及作较大变化，平均速度就愈接近 t 时刻的真实速度。从平均速度公式看， Δt 愈小，等式愈逼近 $v_0 + gt$ ，如果 $\Delta t \rightarrow 0$ ，则

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v_0 + gt$$

于是我们推断 $v_0 + gt$ 就是我们要找的 t 时刻的真实速度，称作 t 时刻的瞬时速度。从数学上看，这就是将 $x = x(t)$ 对时间求导数，将这个作法加以推广，我们得到在各种运动中，运动体的瞬时速度为

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} \quad (1.3)$$

运动体在轨道某点的速度方向是沿该点的切线方向。在直角坐标系下

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j}$$

速度大小为

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

速度方向可表示为