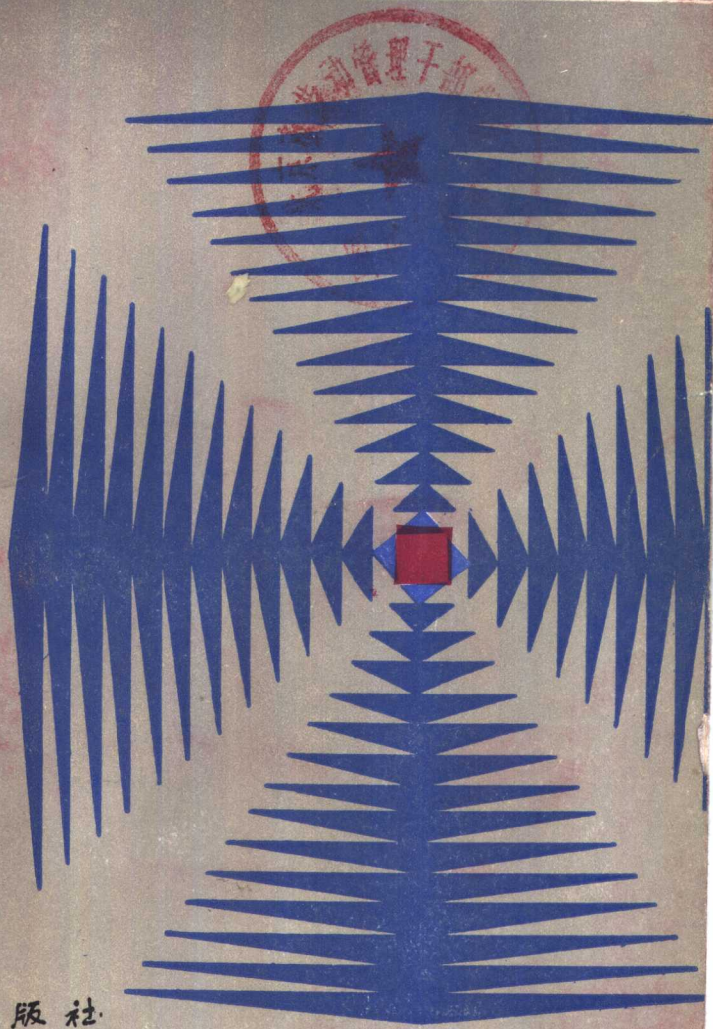


大学物理解题方法

周岳明 张瑞明 编



電子工業出版社

大学物理解题方法

周岳明 张瑞明 编

电子工业出版社

1984年

09.78
04
5

内 容 简 介

本书是在中央广播电视大学使用的讲义的基础上，根据大学物理课程的教学要求重新编写而成的。

本书的特色是以典型题和讨论问题的方式，讲述了力学、热学、电磁学、波动光学四部分内容的重点和难点。全书共21章，每章有内容提要、基本要求、典型例题、说明和小结。讨论的问题和习题主要选自北京大学物理系在长期教学实践中积累的材料，反映了课堂讨论的经验。

本书可供学习《普通物理学》的读者使用，也可供教师参考。

大学物理解题方法

周岳明 张瑞明 编

责任编辑：宋玉升

*

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印刷

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：14.5 字数：389.7 千字

1984 年12月第1版 1984 年12月第1次印刷

印数：1—50,000 册 定价：3.40元

统一书号：15290·71

前 言

本书是用讨论典型习题的方式，讲述了普通物理学的基本理论，其中包括对概念、规律应如何正确理解和运用基本理论解答问题的方法。

本书是以中央广播电视大学的内部教材《普通物理学习题课建议书》为基础又参考高等院校的教学要求重新编写而成。

北京大学物理系在普通物理教学中设置习题课，已有三十年以上的历史。在开始阶段，习题课主要是用来帮助学生做习题。一种典型的做法是，教师先扼要复习教学内容，做一个示范题，然后指导学生做若干题，最后教师对教学内容和做题的方法进行总结。这种做法对学习上还不够主动的学生是有帮助的，在一定程度上也与大规模培养人才的需要相适应。

但是，这种做法使人感到比较呆板。学生对问题的不同认识没有展开讨论，课堂气氛也显得沉闷。处理得不好，不仅不利于调动学生的学习积极性，还可能束缚学生的思想。随着教学经验的积累、教学内容的更新及学生情况的变化，习题课逐渐演变成讨论课。

以人数较少的小班为单位组织课堂讨论是基于下面一些想法。学生经过听讲、自学、做习题这些环节后，对讲授内容已基本了解，也能演算一般的习题。但是对于低年级学生来说，他们还处在从中学到大学的过渡中，思路还不够开阔。加之大班的学生人数较多，教员难以针对不同情况逐个提供帮助，而讨论课就为师生之间、学生之间就课程内容进行交流提供了条件。讨论课不是以帮助学生会做习题为主要目的，而是以讨论的形式进行教学的一种手段。在讨论过程中，教师要注意那些概念比较模糊的学生，帮助他们抓住问题的要点，然后就一些模棱两可的看法或较

普遍的问题组织集中的讨论。最后教师作出恰如其分的总结，肯定各种积极因素，对不同的方法和想法进行比较和评论。

实践证明，组织好讨论课的教学，对于学习还不够主动的学生来说，可以受到启发，找到进一步提高学习能力和改进学习方法的方向；而学习比较主动的学生也可以获得更为丰富的知识。讨论课比较符合学生的学习规律，各种不同程度的学生都能从中得到教益，因而受到学生的普遍欢迎。

本书希望能为生动活泼的课堂讨论的教学提供一些素材。这些材料，是很多同志在长期教学实践中共同积累的。自学的读者常常缺少与教师交流的机会，希望本书能够多少弥补这一不足。

全书按力学、热学、电磁学、波动光学的顺序，分成二十一章。每章的开头有内容提要，每节有基本要求，复习和典型例题分析，章末都有小结。全书分六个单元给出练习题和答案。下面分别介绍一下各环节的目的。

1. 内容提要。扼要地列出该章的主要概念、规律及必要的公式。这部分内容取材于程守洙、江之永编《普通物理学》（1982年修订本），R·瑞斯尼克和D·哈里德编《物理学》，蔡伯濂编《力学》（湖南教育出版社出版）及赵凯华、陈熙谋编《电磁学》（人民教育出版社1978年版），读者可参阅这些教材。

2. 基本要求和复习。在基本要求中简要列出应着重理解的问题及重点掌握的方法。通常，它既是重点又是难点。复习的内容主要是提出概念性、规律性的问题，通过复习加深理解，为典型例题的讨论作准备。

3. 典型例题和参考例题。这两部分题都是经过精选的。典型例题是根据基本要求，由易到难安排的。每题之后的“说明”指出应着重理解的概念和重点掌握的方法。参考例题则介绍一些较灵活的方法，讨论一些综合性的题，有时还介绍进一步要求的内容。

4. 小结是对每一章的理论线索作必要的回顾，或对解题方法作某些评论和概括，有时也对如何学习本章内容提出参考意见。

全书分六个单元给出练习题，可以作为试题供读者自我检测之用。它体现的要求较高（参考例题及个别典型例题也有一定难度）。考虑到平时训练适当提高一点要求对学习有利，所以这部分题的要求比典型例题要高一点。

从最初酝酿(1978年)到这次成书，得到了北京大学章立源、李椿、蔡伯濂、钟锡华、陈秉乾等同志的积极支持和鼓励。在编写《普通物理学习题课建议书》的过程中，李椿、蔡伯濂、钟锡华等同志曾和编者一起详细讨论，并分别审阅了初稿。中央电大主讲教师、北京师范大学阎金铎、张静江同志，清华大学王以炳同志，北京工业学院王殖东等同志分别审阅了原稿，并提供了许多宝贵意见。这次重新编写，又由蔡伯濂同志负责审阅全书。对这些同志的热情支持，编者表示衷心感谢。由于编者水平所限，难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

1984年5月于北京大学

目 录

第一篇 力学

第一章 质点运动学	1
§ 1 内容提要	1
§ 2 直线运动	2
§ 3 曲线运动	9
§ 4 小结	17
第二章 质点动力学	19
§ 1 内容提要	19
§ 2 牛顿定律在直线运动中的应用	20
§ 3 牛顿定律在曲线运动中的应用	30
§ 4 参考例题	36
§ 5 小结	41
第三章 功和能	43
§ 1 内容提要	43
§ 2 动能定理和机械能定理	45
§ 3 机械能守恒定律	51
§ 4 小结	54
第四章 动量	56
§ 1 内容提要	56
§ 2 动量定理和动量守恒定律	58
§ 3 力矩、角动量和角动量守恒定律	66
§ 4 守恒定律的综合运用	69
§ 5 参考例题	73
§ 6 小结	79

练习一	8
第五章 刚体力学	84
§ 1 内容提要	84
§ 2 刚体定轴转动	83
§ 3 参考例题	96
§ 4 小结	103
第六章 流体力学	105
§ 1 内容提要	105
§ 2 流体静力学和理想流体的稳定流动	107
§ 3 小结	116
第七章 振动	118
§ 1 内容提要	118
§ 2 简谐振动	122
§ 3 参考例题	133
§ 4 小结	136
第八章 波动	139
§ 1 内容提要	139
§ 2 简谐波	140
§ 3 小结	149
练习二	150

第二篇 热学

第一章 气体分子运动论	152
§ 1 内容提要	152
§ 2 理想气体状态参量和状态方程	155
§ 3 麦克斯韦速率分布律	162
§ 4 能均分定理和理想气体的内能	170
§ 5 气体内的输运过程	173
§ 6 小结	177
第二章 热力学基础	179
§ 1 内容提要	179
§ 2 热力学第一定律	182

§ 8 热力学第二定律	161
§ 4 参考例题	193
§ 5 小结	197
练习三	198
练习一、二、三答案	199

第三篇 电磁学

第一章 静电场	201
§ 1 内容提要	201
§ 2 电场强度	203
§ 3 静电场的高斯定理	208
§ 4 电势差和电势	214
§ 5 电场强度和电势的关系	223
§ 6 参考例题	228
§ 7 小结	231
第二章 静电场中的导体和电介质	234
§ 1 内容提要	234
§ 2 静电场中的导体	237
§ 3 静电场中的电介质	246
§ 4 电容器的储能和电场能量	255
§ 5 参考例题	263
§ 6 小结	271
第三章 稳恒电流	273
§ 1 内容提要	273
§ 2 直流电路的电压、电流和功率	276
§ 3 参考例题	286
§ 4 小结	291
练习四	292
第四章 稳恒磁场	295
§ 1 内容提要	295
§ 2 电流的磁场和磁场的基本规律	297
§ 3 安培力和洛仑兹力	305

§ 4 参考例题	312
§ 5 小结	314
第五章 磁介质	316
§ 1 内容提要	316
§ 2 磁介质中的磁场	318
§ 3 参考例题	325
§ 4 小结	329
第六章 电磁感应和暂态过程	331
§ 1 内容提要	331
§ 2 动生电动势和感生电动势	334
§ 3 线圈的电感和暂态过程	344
§ 4 参考例题	352
§ 5 小结	358
第七章 简谐交流电	360
§ 1 内容提要	360
§ 2 矢量图解法	364
§ 3 复数解法 交流电功率	371
§ 4 参考例题	381
§ 5 小结	387
第八章 麦克斯韦电磁理论和电磁波	389
§ 1 内容提要	389
§ 2 例题	390
§ 3 小结	395
练习五	396

第四篇 波动光学

第一章 光的干涉	400
§ 1 内容提要	400
§ 2 杨氏干涉和薄膜干涉	403
§ 3 参考例题	412
§ 4 小结	415
第二章 光的衍射	417

§ 1 内容提要	419
§ 2 夫琅和费衍射和衍射光栅	420
§ 3 参考例题	428
§ 4 小结	431
第三章 光的偏振	433
§ 1 内容提要	433
§ 2 光的偏振态和双折射	436
§ 3 参考例题	444
§ 4 小结	449
练习六	449
练习四、五、六答案	451

第一篇 力 学

第一章 质点运动学

§ 1 内 容 提 要

1. 质点运动学的研究对象是质点的机械运动。所谓质点，是指只有质量而忽略物体大小形状的几何点。为了具体描述质点的运动，需要有参照系和坐标系。

(1) 具体研究物体运动时选作为依据的物体或物体系，称为参照系或参考系。

(2) 为了定量描写质点的运动，需在参考系上建立坐标系。常用的坐标系有直角坐标系、自然坐标系（本性坐标系）和平面极坐标系等，它们都是正交坐标系。

2. 描述一个质点的运动状态，需要位置矢量和速度两个物理量。

(1) 由参考系上某一参考点引到质点的有向线段称为位置矢量，简称矢径，记为 $\mathbf{r}(t)$ ，它确定某一时刻质点在空间的位置。质点在空间运动的实际路径称为轨迹或轨道。

(2) 某一时刻 t 附近无限小的时间间隔 Δt 内平均速度的极限值定义为该时刻的瞬时速度，简称速度。其数学表达式为

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

速度是矢量，速度的大小称为速率，即

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

速度是描写质点运动快慢和运动方向的物理量。

3. 加速度是描述质点运动变化快慢的物理量。它定义为某一时刻 t 附近无限小时间间隔 Δt 内平均加速度的极限值。

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$$

加速度是矢量，其大小为

$$a = |a| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta v|}{\Delta t} = \frac{|dv|}{dt}$$

加速度同时反映速度大小和方向的变化。加速度在轨道切线方向的分量称为切向加速度 a_t ，法线方向的分量称为法向加速度 a_n ，

$$a = a_t + a_n$$

a_t 反映速度大小的变化， a_n 反映速度方向的变化。

4. 当一个参考系 S' 相对于另一个参考系 S 以恒定的速度 u 运动时，质点相对于 S 系的速度 v 等于它相对于 S' 系的速度 v' 与 S' 系相对于 S 系的速度 u 的矢量和

$$v = v' + u$$

这就是相对运动公式或速度合成定理。

§ 2 直线运动

一、基本要求

1. 确切理解瞬时速度和加速度概念；
2. 掌握匀变速直线运动公式；
3. 熟悉相对运动公式。

二、复习

1. 什么叫匀速直线运动，它的速度是怎样定义的？什么叫变速直线运动，它的平均速度和瞬时速度是怎样定义的？

2. 应用 $x-t$ 图，说明变速直线运动的平均速度和瞬时速度的几何意义。

3. 图1-1是 $x-t$ 图，图中 a 、 b 、 c 三条线表示三个速度不

同的运动。问它们属于什么类型的运动？哪一个速度大？哪一个速度小？

【答】它们都是匀速直线运动。设 a 、 b 、 c 三条线所表示的运动的速率分别是 v_a 、 v_b 、 v_c ，则

$$v_a > v_b > v_c.$$

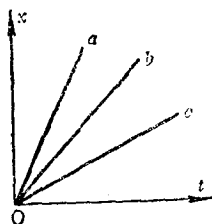


图 1-1

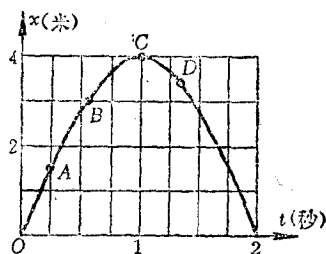


图 1-2

4. 一质点作直线运动，其 $x-t$ 图如图 1-2 所示。问曲线上的 A 、 B 、 C 、 D 各点的速度是正的、负的，还是零？并比较 A 、 B 两点速度的大小。

【答】设 A 、 B 、 C 、 D 各点的速度分别为 v_A 、 v_B 、 v_C 、 v_D ，则 $v_A > 0$ ， $v_B > 0$ ， $v_C = 0$ ， $v_D < 0$ 。 $v_A > v_B$ 。

5. 已知质点在 t_1 、 t_2 两时刻的速度分别为 v_1 、 v_2 。问是否能求出 t_1 到 t_2 这段时间内的平均速度。

【答】平均速度定义为

$$\bar{v} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} v(t) dt}{t_2 - t_1}$$

由上式可知，当只给出 t_1 、 t_2 两时刻的速度，而未具体给出速度表达式 $v(t)$ 时，是不能应用 $\bar{v}$ 的定义式求出这段时间内的平均速度的。

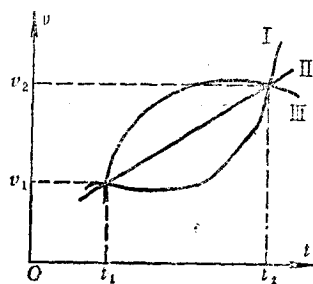


图 1-3

本题还可应用 $v(t)$ 曲线讨论。为此作图 1-3。 $t_2 - t_1$ 这段时

间的平均速度，就是 t_1 到 t_2 时间内 $v-t$ 曲线下的面积 ΔS 与时间间隔 t_2-t_1 的比，即

$$\bar{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

图 1-3 表明，给定了 t_1 、 t_2 和 v_1 、 v_2 ，仅仅确定了两个点。过这两个点可以作出无数条曲线（如图中 I、II、III 等）。既然 $v(t)$ 曲线无从确定，因而平均速度也无法求出。

【说明】以上各题的目的是：

(1) 使读者准确理解速度概念。速度概念是本章最重要的两个基本概念之一（另一个是加速度）。

本题常见到这样的解答：由于 v_1 、 v_2 已知，根据公式 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ 即可求出平均速度。问题在于，公式 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ 只适用于物体作匀变速直线运动的情况（图中曲线 II 对应的情况）。而本题对物体作何种运动并未给定，它可能作图中曲线 I 或 III 所示的运动（或其它复杂的运动），因此不能用 $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ 求平均速度。应用物理规律和公式时，要注意它的适用范围和成立条件。

(2) 提示读者注意学会用函数图形分析讨论物理问题，因函数图形比较直观，能形象地将物理过程的全貌、特征及变化趋势反映出来。

为了加深对问题的理解，读者还可作图讨论：若已知两质点在某一时间间隔 (t_2-t_1) 内的平均速度相等，据此能否得出 t_1 、 t_2 两时刻速度相等的结论？受本题启发，你可能应用 $v-t$ 图讨论。此后，不妨再用 $x-t$ 图讨论一次。

6. 什么叫匀变速直线运动，它的加速度是怎样定义的？变速直线运动的平均加速度和瞬时加速度是怎样定义的？

7. 结合 $v-t$ 图，说明平均加速度和瞬时加速度的几何意义。

8. 有一匀变速直线运动， t_1 时刻的速度为 v_1 ， t_2 时刻的速度为 v_2 ，加速度为 a 。有另一直线运动， t_1 、 t_2 两时刻的速度也为 v_1 、 v_2 ，而且这段时间内的平均加速度也与上述运动的加速度相等，即 $\bar{a} = a$ 。问此两运动在这段时间内的路程是否一定相等。

【答】本题的处理方法与题 5 类似，故不详述。结论是两运

动的路程不一定相等。

【说明】以上各题的目的是为了使读者确切理解加速度概念。要求读者能对物理概念作严密、准确的表述，包括数学表达。读者可结合自己的解答情况，衡量一下是否达到了这一要求。

9. “如果物体的速度为零，则加速度也为零。”试分析这一说法是否正确。

【答】上述说法不对。例如作自由落体运动的物体，刚刚下落时刻的速度为零，而加速度则是重力加速度 g 。

10. 运动物体的加速度随时间减小，而速度随时间增加，是可能的吗？

【答】是可能的。参见图 1-4， $v-t$ 曲线上各点切线的斜率反映了加速度随时间的变化趋势。具体考察任意两时刻 t_1 、 t_2 可以看出，运动物体的加速度随时间减小，而速度随时间增加。例如车辆启动后由变速运动变为匀速运动的过程就属上述情况。

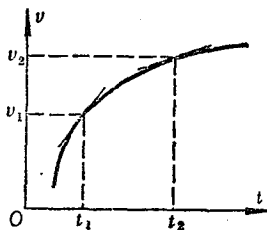


图 1-4

11. 一个物体具有向东的速度，可否同时具有向西的加速度？

【答】一个物体的速度方向与加速度方向相反，意味着物体的速度逐渐变小，例如火车进站从刹车到静止就是这种情况。

【说明】以上三题将速度和加速度结合起来讨论，目的是使读者在确切理解这两个概念的基础上，进一步掌握它们的区别和联系。第9、10两题着重说明两者大小的关系及它们的瞬时性；第11题着重说明两者的矢量性，这两个矢量的方向一般不一致。

三、典型例题

1. 一物体以初速 v_0 竖直上抛，求物体自抛出后回到原来地点所需的时间和回到原地点时的速度。

【解】对上抛运动，解决的办法之一是把它分成两段处理：一段是向上的匀减速直线运动，速度逐渐减少到零，这一段用匀

减速直线运动公式处理；另一段是自由落体运动，用自由落体公式处理。所得结论是

$$t = \frac{2v_0}{g}, \quad v = v_0, \text{ 方向朝下。}$$

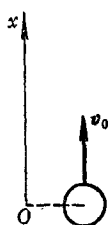


图 1-5

下面采用另一种解法。如图 1-5，取垂直地面向上为 x 轴正方向，抛出点为坐标原点，把匀减速运动公式用到上抛运动的全过程，则

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

$$v = v_0 - g t \quad (2)$$

物体回到原来地点，则 $x = 0$ ，由①式得

$$v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = 0$$

解出 t 的两个根： $t_1 = 0$ ， $t_2 = \frac{2v_0}{g}$ 。第一个根代表抛出的时刻，第二个根代表回到原地的时刻，这表明自抛出到落回原来地点所需要的时间是 $\frac{2v_0}{g}$ 。由式②可求出物体回到原来地点时的速度 $v = v_0 - g \frac{2v_0}{g} = -v_0$ 。这表明，回到原来地点时速度的大小等于 v_0 ，方向与抛出时相反，即方向朝下。

【说明】上面计算的结果和分段处理方法所得的结果相同，因为在上抛运动整个过程中，不论是上升阶段还是下落阶段，物体的加速度都是重力加速度 g ，所以上抛运动是匀变速直线运动。如果规定抛出点的位置是坐标原点，垂直向上是 x 轴正方向，在原点以上的位移为正，原点以下的位移为负；速度和加速度向上的为正，向下的为负，则整个上抛运动的位移公式和速度公式就可概括为①、②两式，这就是“统一坐标”。有了统一坐标后，①、②两式不再称为匀减速直线运动公式，它应理解作：统一坐标下的匀变速直线运动公式，式中的负号是由于重力加速度 g 方向向下，与规定的正方向相反而引入的。

其实，统一坐标是“力学量坐标表示法”在运动学问题上的具体运用。所谓力学量的坐标表示，就是选取坐标并规定正方向，然后将矢量性力学量向坐标投影，投影结果与坐标轴正方向一致的取为正，反之，取为负。在对统一坐标有了确切理解的基础上，还可以灵活运用。例如规定 x 轴的正