

北京市全日制普通高级中学物理辅助教材

计算物理基础

第二册

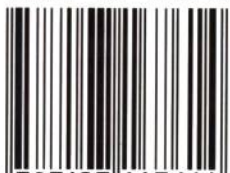
《计算物理基础》编委会



人民教育出版社



ISBN 7-107-16761-8



9 787107 167614 >

ISBN 7-107-16761-8 定价(含光盘):12.20 元
G·9851(课)

北京市全日制普通高级中学物理辅助教材

计算物理基础

第二册

《计算物理基础》编委会



人民教育出版社

北京市全日制普通高级中学物理辅助教材

计算物理基础

第二册

《计算物理基础》编委会 编著

*

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民美术印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 787毫米 $\times$ 1092毫米 1/16 印张: 5.5 字数: 80 000

2003年6月第1版 2006年5月第4次印刷

印数: 74 501 ~ 85 500

ISBN 7-107-16761-8 定价(含光盘): 12.20 元
G·9851 (课)

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版科联系调换。

(联系地址: 北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编: 100081)

《计算物理基础》编委会

主 编 杨 帆

副主编 刘彬生 杜 敏 续佩君

(以下按姓氏笔画为序)

编 委 于瑞利 邵泽义 赵 薇 秦晓文

执笔人 于瑞利 刘彬生 刘 松 龙 涛 任伟然

任炜东 杜 敏 杨 帆 杨友元 赵 薇

郭金胜 续佩君 詹光弈 裴加旺 魏 华

终 审 张同恂

《计算物理基础》编委会顾问

阎金铎 陈镜孔 钟作慈 梁 威 王燕春

杨再石 李元杰 彭芳麟 张大昌 彭前程

前言

计算机是信息时代最重要的工具。计算机所具有的强大的科学计算功能与优越的贮存、传递、交流、开发、加工信息的功能，正在改变着人类的研究、工作以及学习和生活的条件。20世纪80年代初，美国哈佛大学等学校正式开出《计算物理学》课程。计算物理学是利用电子计算机进行数据采集、数值计算和数字仿真来发现和研究物理现象与物理规律的一门现代交叉学科。现在，“计算物理”与“理论物理”、“实验物理”并驾齐驱地成为物理科学的三大基础。

近年来，北京市中小学普遍开设了信息技术课，注重在青少年中普及计算机和信息技术知识。在中小学学科课程中，计算机辅助教学（CAI）也日益普及。当前，在我市高中物理教学中，把计算机作为学生手中学习、认知和研究的工具已经基本具备了条件。《计算物理基础》构建了一种信息技术与物理课程整合的教学环境，引导学生从物理观察、实验和理论研修中获得第一手的数据或资料，再使用计算机进行运算和处理，以实现建立科学描述物理过程本质特征的数学模型的目的。

《计算物理基础》作为高中物理课程的辅助性教材，以教育部《全日制普通高级中学物理教学大纲》规定的教学内容为学习主题，以物理实验和研究专题形式展开，强调运用信息技术解决物理学习的实际问题，教学中可与人民教育出版社现行高中物理教材配合使用。本教材分一、二两册，分别供高中一年级和二年级使用。本册主要内容有：微机辅助物理实验、中学物理计算机仿真实验、物理量之间的相关关系及计算物理专题、附录“编程集锦”等部分。对本册教材正文部分的信息技术内容，应注意在使用中学习，总学时大约为4~6课时，可以由各校根据具体情况分别在物理课、研究性学习或信息技术等课程的学习中进行，不需另外增加授课时数。其中附录部分的内容，仅供学生课外阅读，不占课时。

应用信息技术和计算物理的方法深化对物理现象的认识，提高分析把握物理过程、探索和发现物理规律的能力，学会认识、解决科学或技术问题方法，实现高中学生信息素养与科学素养的进一步融合，是高中物理教育发展提出的新课题。《计算物理基础》的使用，在我国高中物理教育中尚属首次。我们热忱希望广大的同学们通过本课的学习，能在今后的各项学习活动中，自觉地运用信息技术去“揭示”、“探索”和“发现”规律，自主地进行学习和开展研究，不断增长创新精神和解决问题的能力。我们将不断地完善《计算物理基础》教材，欢迎广大师生对本教材提出宝贵的意见和建议。

编者

2003年5月

目 录

前言

一、计算机辅助物理实验	1
1. 计算机辅助物理实验的基本原理和特点	1
2. 《计算机辅助物理实验系统》的组成和操作	2
3. 应用案例	3
二、中学物理计算机仿真实验	8
1. 计算机仿真的初步概念	8
2. 《中学物理计算机仿真实验》软件操作方法	10
3. 仿真实验案例	11
三、物理量之间的相关关系的研究	15
1. 变量之间的相关和相关分析	15
2. 中学物理计算机数据处理模块的功能和基本操作	16
3. 物理实验数据的粗差剔除	19
四、计算物理专题	21
1. 探索物体冷却的规律	21
2. 探究一种随机现象的统计规律	26
3. 用描迹法画出电场中场电荷所在平面上的等势线	32
4. 研究电容器的放电规律	34
5. 研究电学元件的伏安特性曲线	39
6. 研究热敏电阻的阻值与温度的关系	42

7. 测量电源的电动势和内电阻	46
8. 研究带电质点在电场与磁场中的运动	48
9. 研究光的折射规律	51
10. 研究光源的发光特性	56
11. 研究球的弹跳和比较不同材料的反弹性能	59
 [附录] 编程集锦	 65

计算机辅助物理实验

1

计算机辅助物理实验的基本原理和特点

在传统的物理实验中，使用的各种测量仪器都需要由人来读数，将结果记录在纸上，然后用人工方法做计算和绘制图线。这是做实验的基本功，同学们都应掌握。但是这种做法费时费力，并且不可避免地存在人为的误差。

计算机辅助物理实验是一种现代的教育和科研手段。它将信息技术与传统的物理测量有机地结合起来，在实验中用传感器代替常用的测量仪器（例如温度计、测力计）。传感器能将测量的各种物理量都转化为电学量，以数字编码的形式将电信号输入计算机，由计算机对这些信息进行存储、计算、分析并画出图线。计算机辅助物理实验发挥了计算机运算的高速度、高精度和多媒体显示功能，能迅速地得到实验结果。

计算机辅助物理实验采集的都是真实的物理数据，与在计算机上模拟物理实验（虚拟实验）在本质上是不同的。

计算机辅助物理实验可以使同学们从繁琐的测量和计算中解放出来，集中精力于物理规律的探究。这种手段既能够使同学们在较短的时间内高质量地完成较多的物理实验，又能够为同学们自主开发并完成更广泛的研究性课题提供一种优良的数字化方法与全新有力的研究工具，这种手段提供了一条利用信息化手段提高物理学习质量与研究解决物理问题能力的崭新途径。



《计算机辅助物理实验系统》的组成和操作

为了实现用计算机辅助物理实验，国内外一些厂家开发出了相应的产品，一般称为《计算机辅助物理实验系统》，主要由与个人计算机（PC）配套使用的一套专用的外部硬件设备和应用软件组成。

计算机辅助物理实验系统一般包括计算机、接口箱（数据采集器）和若干种物理量的传感器（探头）等硬件、该产品的系统软件几部分。传感器通常有以下几种：电压传感器、电流传感器、时间传感器（光电门）、位移传感器（运动传感器）、力传感器、气体压强传感器、声波传感器、温度传感器、磁感应强度传感器、光照度传感器等。

使用计算机辅助物理实验系统前，要将该产品的系统软件安装到计算机中，再将接口箱与计算机的串行通讯口连接，传感器与接口箱连接，如图1-1-1所示。

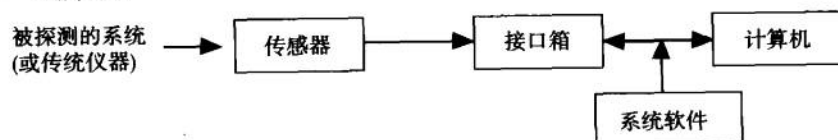


图 1-1-1

开始实验时要接通计算机和接口箱的电源，启动本系统的软件，按照界面上的提示或菜单，进入所需要的功能模块。实验过程中，被传感器采集的数据，由计算机实时地显示相应物理量的数值。显示方式可以选择，如全屏数字显示、模拟表盘指针显示、列表显示等，由此人们也常将它们称为一种“虚拟仪器”。计算机处理数据时，可以依据事先编好的程序或者当时输入的公式，显示出中间或最后的运算结果，也可以画出相关的两个量的函数图线等。

具体的操作方法，还要参阅实验系统的使用说明书。

3

应用案例

例 1

研究自由落体运动

实验装置见本书第一册图 4-3-3 和图 4-3-4。先将 4 个光电门分别固定在落体仪的不同的位置,然后把光电门与接口箱的 4 个数字通道连接。用数据传输线把接口箱与计算机相连,接着从本系统的软件中,调出“自由落体运动”的界面窗口。

点击计算机界面上的“开始采样”按钮,释放钢球(两侧带有特制的 U 形挡光片)。钢球通过各个光电门后,屏上就出现一系列数据。

依据使用者选择的测量方式,经过计算机的处理,屏上就出现自由落体运动的 $v-t$ 图线或 $h-t$ 图线,如图 1-1-2 和图 1-1-3 所示。

分析图线的物理意义,可得出:自由落体运动是一个初速度为零的匀加速运动。在这个实验中还可以使用计算机处理测量数据,得出重力加速度 g 的数值。

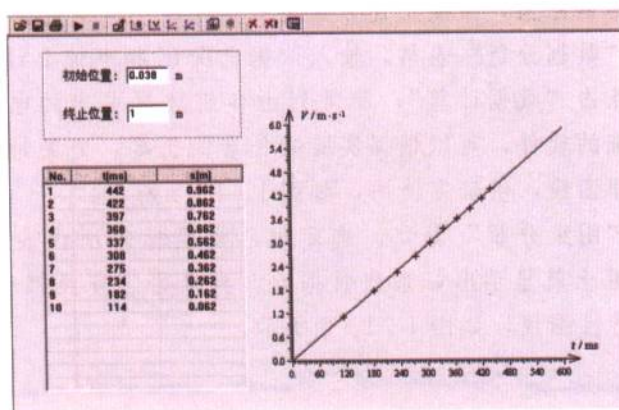


图 1-1-2

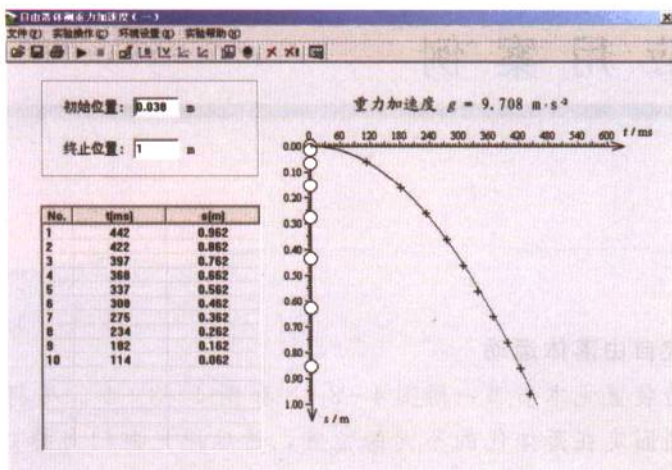


图 1-1-3

例 2

伏安法测电阻

取 5V 的电压探头和 0.5A 的电流探头各一只, 分别接入数据采集器的第一、二输入口。按照图 1-1-4 将两个探头接入实验电路, 它们分别代替了传统仪器中的电压表和电流表。

通电后, 将滑动变阻器的滑动片置于某个位置, 按照界面的提示, 点击“记录数据”, 就将一组电压、电流数据记入计算机中。改变变阻器的阻值, 按照上述方法再测量几组不同的数据。

打开“数据分析”表格, 输入依据电压 U 和电流 I 计算电阻 R 的公式, 点击“数据计算”, 就得到由各组数据求出的电阻值。有些实验系统的软件, 可以根据实验操作者的需要, 方便地生成多种模式的物理图线, 供研究使用, 如图 1-1-5 所示。

打开“图线分析”窗口, 选定纵、横坐标轴所代表的物理量 U 、 I , 屏幕上就显示出一系列数据点。再点击“直线拟合”, 则显示出伏安特性图线, 如图 1-1-6 所示。

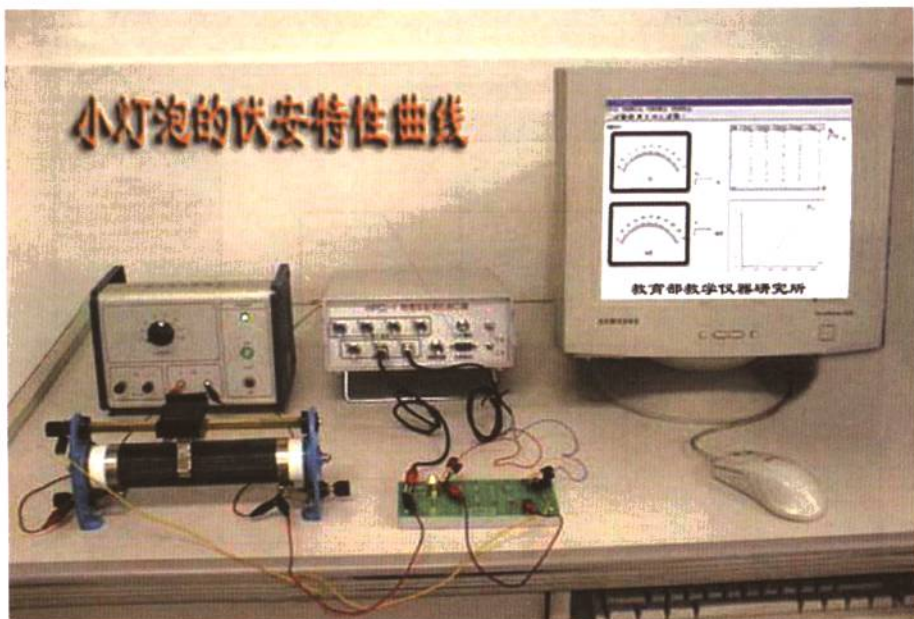


图 1-1-4 使用传感器的实验装置

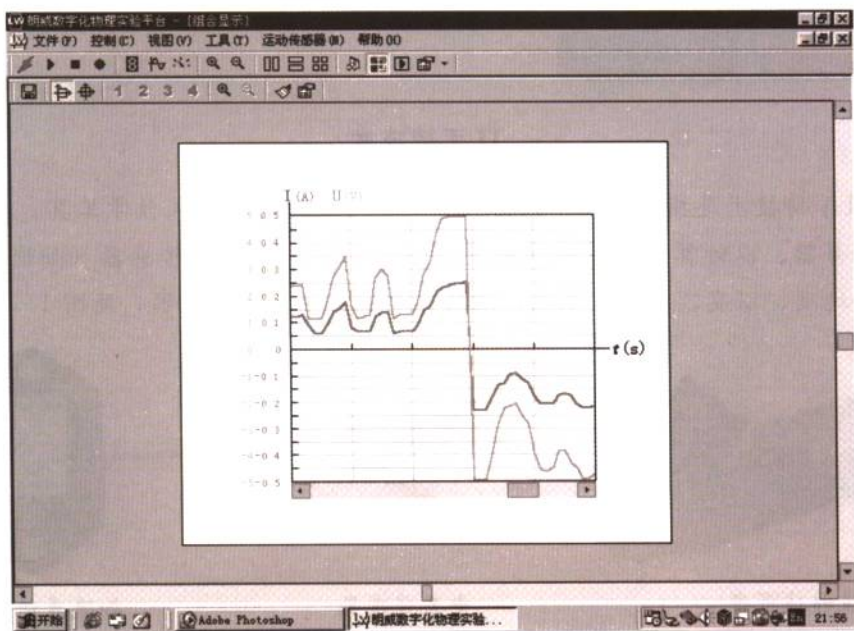


图 1-1-5 组合显示下电流和电压的同步变化 (物理量-时间模式)

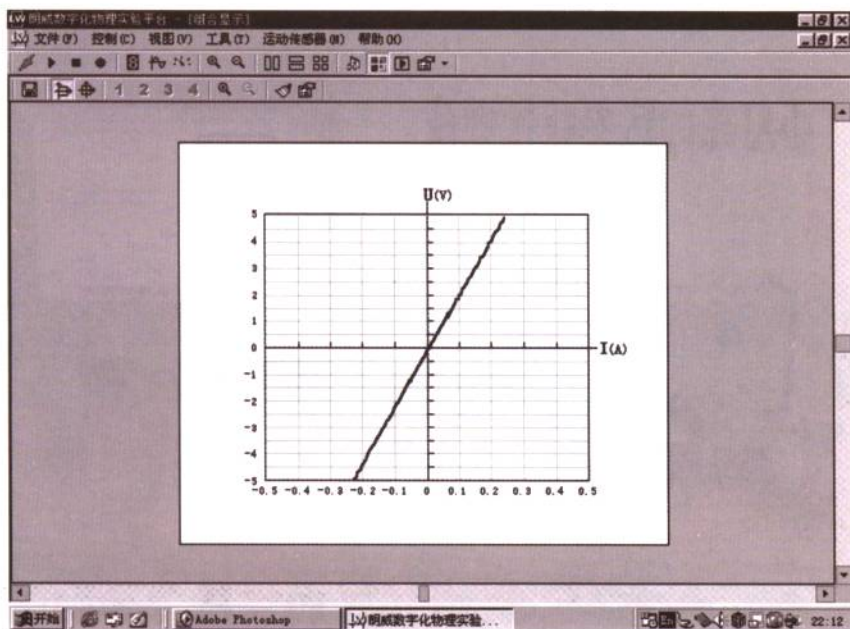


图 1-1-6 基于数据点拟合的直线

智能化仪器介绍

TI 手持技术

TI 手持技术是指美国德州仪器 (TI) 公司生产的手持式教学工具, 包括 TI 图形计算器、以计算为基础的实验室 (CBL 系统) 和各种传感器 (如速度、位移、加速度、温度、压力、光强、磁场、电流、电压等传感器, 见图 1-1-7)。



图 1-1-7 几种传感器

TI 工具小巧、携带方便，选用不同的传感器，可以完成物理、化学、生物方面的多种实验。在实验现场或户外进行实验时，利用 TI 工具可以实现对实验数据作实时的采集并迅速处理，使实验者可以当场得到数据处理结果，从而验证不同的假设或得出实验结论。

TI 工具还能够方便地把采集到的信息进行存储复制与传输，实现数据资源的高度共享。其中 TI 图形计算器能够完成从简单的数值计算到对多种类型的函数进行运算和作出统计处理。这套现代化的手持实验系统，使得实验的进行省时省力，实验现象和结果更加明显直观。TI 手持技术既适用于课堂教学，也适用于学生自主的户外专题性实验，尤其是联系实际开展研究性学习活动的得力工具。

中学物理计算机仿真实验

1

计算机仿真的初步概念

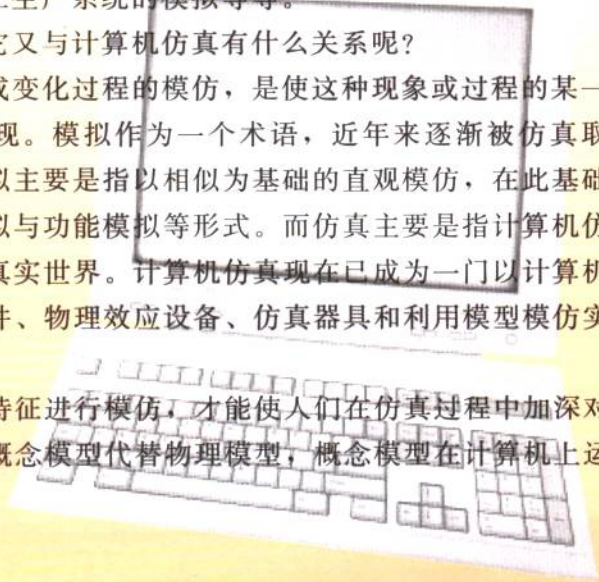
人类在探索自然奥秘、研究自然规律的过程中，不仅积累了丰富的关于自然界本身的知识，也创造和积累了系统、有效的用于探索自然奥秘、研究和应用自然规律的科学方法。

模拟与仿真就是这些方法中一类重要的方法。人类的祖先正是从模仿石块、鱼刺、天然棍棒等物品的作用开始，制造出了刀具、金属针、梭标等工具，从而完成了从使用自然物到制造和使用工具这一个巨大进步的。在现代社会中，模拟与仿真已成为须臾不可离开的科学研究方法，人们研究问题的水平也从对自然界中单个物体的个别性质的模拟过渡到了对包括人在内的大系统的综合性的功能与智能模拟。比如：对车船驾驶系统、核电系统、航空航天系统、作战系统的模拟以及对化工生产系统的模拟等等。

那么，究竟什么是模拟，它又与计算机仿真有什么关系呢？

模拟就是人们对某种现象或变化过程的模仿，是使这种现象或过程的某一方面的特征通过另一种方式再现。模拟作为一个术语，近年来逐渐被仿真取代。这是因为，人类初级的模拟主要是指以相似为基础的直观模仿，在此基础上又发展出物理模拟、数学模拟与功能模拟等形式。而仿真主要是指计算机仿真，是专门指用技术手段模仿真实世界。计算机仿真现在已成为一门以计算机为主体的、使用相关的应用软件、物理效应设备、仿真器具和利用模型模仿实际系统的综合技术。

仿真必须抓住事物的本质特征进行模仿，才能使人们在仿真过程中加深对客观世界的认识。仿真技术用概念模型代替物理模型，概念模型在计算机上运



行代替物理模型在实验中运转。采用仿真技术研究实际系统具有良好的可控性、安全性、灵活性、无破坏性、可重复性与经济性等特点。

计算机仿真是基于研究对象的“模型”的活动，这种“模型”应是研究对象本质的描述，因此仿真的关键是建模。建模必须明确建模的目的和要求，研究的目标不同，模型的选择也就不同。一般说，建模应遵循以下两条原则：一是数据的可靠性，必须保证数据和有关信息准确；二是必须保持模型与原型具有一定程度的相似性，以保证建模的可信度。正如：在地球表面附近，如果不计空气阻力对运动的影响，只受重力作用的物体在水平方向上作匀速直线运动，在竖直方向作加速度（大小为 g ）向下的匀加速运动，这就是它的一种“运动模型”。把这个运动模型写成数学表达式就得到该运动的“数学模型”（又称逻辑模型）。依据“数学模型”编写有关计算机程序并在计算机上运行，就可实现这一运动的计算机仿真。

根据被研究对象的特点以及仿真的目的、要求，有无人员在回路之中等因素，计算机仿真可分为三类：一是“逻辑仿真”，这个仿真系统只包括计算机软硬件设备，无需作模拟的其他物理设备，目前本书介绍的主要是这类计算机仿真实验。二是含有实物的计算机仿真，它除了用计算机，还要用相应的物理设备与计算机连接起来构成回路来进行仿真实验。三是人在回路中的仿真实验，它是指人在系统回路中进行操纵的仿真实验，其中人与计算机和各种物理设备组成回路通过对各种信息输入、输出以及信息加工和管理才能完成实验，大多用于专门人员的特种培训。

近几十年来计算机仿真实验的发展表明，计算机仿真是一种强有力的工具。利用计算机，人们可以再现自然界各种奇异的现象，再现事物之间的关系和变化规律。人们不仅可以借助计算机再现过去和现在，还可以依据一定的规律预测和显现将来可能发生的事件。

现在，计算机仿真已经成为人类改变现实、探索未知、创造未来的一种工具。当今，在此基础上以“沉浸”、“交互”和“构思”为基本特征的“虚拟现实技术”和数字化信息系统（DIS），正迅速发展起来，成为激发人类创造性思维的又一个信息化平台。