



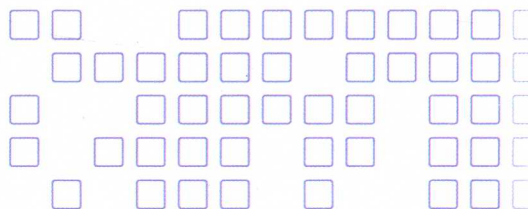
物理化学实验

许海 张国艳 田玉美 陈晓欣 主编

非外借



科学出版社



物理化学实验

许海 张国艳 田玉美 陈晓欣 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对近化学专业本科生编写,具有易读易懂、深入浅出、结构完整、内容精练、适用面广等特点。

全书内容包括绪论、实验部分和附录。绪论介绍物理化学实验的基本要求及数据的表达方法;实验部分精选 17 个物理化学实验,涵盖物理化学课程的化学热力学、化学动力学、电化学、表面化学与胶体化学等各部分内容;附录列出常用数据表,可方便学生查阅。

本书可作为综合性大学和高等理工类院校生命科学、材料科学、环境科学、医药学等相关专业本科生的物理化学实验教材,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理化学实验/许海等主编. —北京:科学出版社, 2018.1

ISBN 978-7-03-055344-7

I. ①物… II. ①许… III. ①物理化学-化学实验-高等学校-教材
IV. ①O64-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 277153 号

责任编辑:陈雅娟/责任校对:何艳萍

责任印制:师艳丽/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年1月第一版 开本:720×1000 1/16

2018年1月第一次印刷 印张:9

字数:181 000

定价:35.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《物理化学实验》编写委员会

主 编 许 海 张国艳 田玉美 陈晓欣

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

陈晓欣 金为群 李 军 权新军

田玉美 许 海 张 颖 张国艳

张亚南 庄家骐

前 言

物理化学实验是物理化学理论体系的重要组成部分，不仅可以帮助学生增强感性认知，加深对理论知识的理解和掌握，还可以帮助学生提高综合运用相关理论知识解决实际问题的能力。

本书针对综合性大学的理、工、农、医类近化学专业本科生的物理化学实验课编写，主要使用对象为少学时(12~64学时)的生命科学、环境科学、医药学、材料科学、食品科学、地球科学等专业本科生。为提高教材的实际使用效率，编者精选了物理化学各部分内容的17个实验，其中包括化学热力学实验6个、化学动力学实验5个、电化学实验3个、表面化学与胶体化学实验3个。

在本书编写过程中，考虑到物理化学实验是以大循环的方式进行的，每个学生接触到实验的先后顺序不同，且常常出现学生所做的实验是同步进行的理论课教学尚未学到的内容，因此本书中的每个实验从原理介绍到数据处理都是相对独立和完整的，以便于不同学习阶段的学生都能够比较容易地理解和掌握相关理论和基本操作。在绪论和部分实验的附录中，分别给出了常用实验仪器和专用实验仪器的工作原理和操作方法，可供学生预习和操作时参考。

本书是吉林大学“十三五”规划教材，由吉林大学化学学院公共化学教学与研究中心物理化学实验室组织编写。编写人员包括许海(绪论、实验七、实验十、实验十五)、张国艳(实验十二、实验十三、实验十六)、田玉美(实验一、实验二、实验五)、陈晓欣(实验三、实验四、附录)、金为群(实验九)、权新军(实验十四)、张颖(实验八)、张亚南(实验六)、李军(实验十七)、庄家骥(实验十一)。此外，在编写过程中，化学学院的朱万春老师为实验预演和注意事项等提供了大量宝贵的经验和建议。在此，编者对支持帮助本书出版的所有老师一并表示衷心的感谢！

由于编者经验不足，水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请同行和读者批评指正！

编 者

2017年8月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 物理化学实验的目的和要求	1
1.2 物理化学实验室守则	3
1.3 物理化学实验误差及数据的表达	4
1.4 常用物理化学仪器简介	14
第2章 化学热力学实验	21
实验一 燃烧热的测定	21
实验二 液体饱和蒸气压的测定	27
实验三 凝固点降低法测定相对分子质量	31
实验四 完全互溶双液系统沸点-组成图的绘制	35
实验五 二组分合金相图的绘制	44
实验六 差热分析	48
第3章 化学动力学实验	53
实验七 蔗糖水解反应速率常数的测定	53
实验八 乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	63
实验九 甲基紫褪色反应速率常数的测定	70
实验十 丙酮碘化反应速率常数的测定	76
实验十一 B-Z 振荡反应	81
第4章 电化学实验	86
实验十二 电动势与温度关系的测定	86
实验十三 电势-pH 曲线的测定	95
实验十四 氢超电势的测定	102
第5章 表面化学与胶体化学实验	107
实验十五 最大气泡法测定液体的表面张力	107
实验十六 溶胶的制备及电泳	114
实验十七 黏度法测高分子化合物的平均摩尔质量	119

附录	126
附录一 几种有机物质的蒸气压	126
附录二 几种有机化合物的密度	127
附录三 水的蒸气压、密度、黏度、折射率、介电常数和表面张力	127
附录四 几种液体的折射率(25℃)	129
附录五 凝固点降低常数	129
附录六 沸点升高常数	130
附录七 阿贝折光仪色散表	130
附录八 国际标准相对原子质量表(附熔点)	132

第1章 绪论

1.1 物理化学实验的目的和要求

物理化学实验是大学化学教学体系的重要组成部分，是继无机化学实验、分析化学实验和有机化学实验之后的又一门化学基础实验课。物理化学实验集中体现了化学领域各分支学科的基本研究理论、研究方法和研究手段，是即将从事化学、生命科学、环境科学、医药学、材料科学、食品科学和地球科学等相关工作的学生必需的训练。对于非化学专业的本科生，物理化学实验的目的主要包括：①了解物理化学实验的基本原理和研究方法，掌握物理化学的基本实验技术，学会常见分析测试仪器的正确使用方法；②培养独立正确地观察实验现象、完整准确地记录和处理实验数据、详细全面地分析和讨论实验结果的能力；③培养求真务实的科学态度和严谨细致的工作作风，提高应用物理化学知识灵活分析和解决实际问题的能力。

为达到上述目的，必须对学生进行正确、严格的基本操作训练并提出明确的要求，具体要做好以下几点。

1. 课前实验准备

(1) 实验前必须充分预习。了解实验目的，掌握实验所依据的基本理论，了解所用仪器的构造和操作规程，记住实验步骤，明确要测量和记录的数据。

(2) 写出预习报告。其内容包括：实验目的、原理和步骤，针对实验时要记录的数据详细地设计原始数据记录表，记录表应反映出操作过程。

2. 课堂实验过程

(1) 进入实验室后按编号到指定的实验台，先按实验教材核对仪器。

(2) 在不了解实验仪器的正确操作方法前，不得使用仪器，不得擅自拆卸仪器。仪器装置组装好后，必须经指导教师检查无误后，方可进行实验。

(3) 在遇到有仪器损坏时，应立即向指导教师报告，排查原因，确系仪器损坏的要及时登记损坏情况。

(4) 严格按实验操作规程进行实验, 不得随意改动。若确有改动实验步骤或改进实验方法的必要, 须事先取得指导教师的同意。

(5) 注意养成良好的实验记录习惯。实验现象和实验数据的记录要求及时、完全、准确、规范。所有实验数据都应记录在实验记录本或预习报告上, 不允许有选择地记录数据, 不得用铅笔或红笔记录数据。要尽量采用表格形式记录数据。不能随意涂改数据, 如发现某个数据确有记录错误应该舍弃或修改时, 可用笔先将其圈去或划掉, 再记录正确数据。

(6) 充分利用实验时间, 观察现象, 记录数据, 分析和思考问题, 提高学习效果。

(7) 实验完毕, 应将数据交指导教师审查合格并签字(或盖章)后, 再拆实验装置, 数据不合格的, 需补做或重做相应实验。

3. 课后撰写实验报告

(1) 课后要认真完成实验报告的撰写工作。实验报告的内容包括实验题目、实验目的、实验原理、仪器和药品、实验步骤、实验记录、数据处理、思考与讨论等。应把重点放在实验数据的处理和思考讨论上。数据处理包括: 对各个原始数据的简单处理(如统一单位等)、简单计算(如求倒数、对数等)、作图、从图中收集信息(如求斜率、求微分等)以及进一步的计算结果和最终得到的结论。思考与讨论包括: 每个实验后的思考题, 对实验过程中现象的分析和解释, 对实验结果的误差分析, 对实验的改进建议以及实验后的心得体会等。

(2) 掌握数据处理的原理、方法、步骤及数据应用的单位, 仔细进行计算, 正确表达数据结果。处理数据应每人独立完成, 不得抄写或者合写一份报告。

(3) 撰写实验报告是整个物理化学实验过程中的一个重要环节, 切忌粗心大意, 错误百出。撰写实验报告的过程中要勤于动脑, 善于钻研, 详细计算, 认真作图, 仔细写作。

(4) 实验报告可参考下面的示例完成, 也可以自行设计实验报告。本书每个实验之后都给出了原始数据记录表格, 可以参考统一格式的记录表格记录数据, 也可以自行设计原始数据记录表格。

物理化学实验报告

姓名: _____ 班级: _____ 学号: _____ 同组人: _____

室温: _____ 气压: _____ 日期: _____ 仪器号: _____

实验题目: _____

一、实验目的

(1) _____

(2) _____

二、实验原理

(主要的实验原理, 重要的计算公式和数据处理方法等)

三、仪器和药品

(主要的测试仪器、称量仪器和药品, 必要时需画出实验装置图)

四、实验步骤

1. (清晰简洁的实验操作步骤)

2. _____

3. _____

五、实验记录

(原始数据记录列表格, 必须有指导教师的签字或盖章)

六、数据处理

(经过计算的数据列表、作图、最终的计算结果或结论)

七、思考与讨论

(实验教材中的思考题, 误差分析, 以及对实验的改进建议和心得体会等)

1.2 物理化学实验室守则

为了加强国家级化学实验教学示范中心的建设和管理, 确保物理化学实验教学质量, 培养学生良好的实验习惯, 达到全面提高学生整体素质的目的, 特制订如下实验室守则:

(1) 遵守实验课堂纪律。上课不迟到, 进实验室必须穿着实验服, 听从教师要求, 服从教师安排。

(2) 讲文明, 懂礼貌。保持实验室安静, 不高声喧哗; 保持实验室整洁, 不吸烟, 不随地吐痰, 不乱扔纸屑等杂物, 不在实验室吃东西。

(3) 注意实验室安全。物理化学实验中要用到多种化学药品及各种电学仪器, 有发生爆炸、着火、中毒、灼伤、触电等事故的潜在危险, 因此安全是实验课的重要内容之一, 要求学生高度重视安全知识的学习, 遵守操作规程, 听从教师安排, 避免发生事故。

(4) 遵守实验室的各项规章制度。严格按分组要求使用仪器设备和实验用品, 爱护仪器, 遵守操作规程, 节约原材料, 未经指导教师许可, 不得动用任何仪器设备和药品。教师准许使用的仪器, 必须严格按正确的使用方法操作。如有损坏或丢失, 立即向教师报告, 等待处理。

(5) 在指定的位置做实验, 不乱动别组仪器、物品等。做完实验, 要将仪器、物品和实验药品等放回原处; 将玻璃仪器洗刷干净, 实验台面收拾整洁, 经实验教师检查后方可离开实验室。

(6) 值日生最后检查实验室的物品摆放是否整齐, 打扫实验室卫生, 仔细检查水、电、气是否关闭, 经管理教师检查批准后方可离开实验室。

1.3 物理化学实验误差及数据的表达

物理化学实验的基本内容是从研究系统的物理性质与化学反应间的联系入手, 通过测量系统的物理量变化来研究系统的化学规律。这就要求将所得数据加以归纳整理, 并找出变量间的变化规律。在测量时, 由于测量方法和测量条件的可靠程度限制, 所用仪器的精密度限制和实验者感官灵敏程度的限制等因素的影响, 测量值与真值之间存在着一定的差值, 称为误差。严格来说, 一切实验测量的结果都有误差, 但误差的影响是在一定程度上减轻或消除的。因此, 必须对误差产生的原因及其规律进行研究, 方可获得比较可靠的实验结果。物理化学实验通过筛选比较合适的实验方法, 选择适当精度的仪器, 寻求相对一致的测量条件, 再通过实验数据的列表、作图、计算等处理步骤, 尽量使实验结果更加客观真实, 更加具有参考价值。

1.3.1 误差的分类

根据性质的不同, 误差可分为系统误差、过失误差和偶然误差三类。

1. 系统误差

系统误差也称恒定误差, 它是由于某种特殊原因所造成的误差, 具有方向性

和可测性。系统误差是由固定原因引起的使实验结果朝一个方向偏离的现象，当重复测量时，这种误差会重复出现，多次测量也不会相互抵消。系统误差产生的原因有：

(1) 仪器误差，来源于仪器本身不够精确，如旋光仪的零点偏差、温度计的刻度不够准确，稳压电源的读数不够精确等。

(2) 化学试剂纯度不够，如试剂和蒸馏水纯度不高等。

(3) 测量方法本身的限制，如使用近似公式计算，反应测试终点与反应等当点不符等。

(4) 测量者个人的不良习惯，如读数时观察视线的角度偏高或偏低，辨别滴定终点颜色时偏深或偏浅等。

2. 过失误差

这种误差是实验者粗心、操作不正确所致，是一种歪曲实验结果的误差，无规律可循。例如，标度看错，记录写错，称取试样时未注意防止试样吸湿或挥发，洗涤沉淀过分或不充分等。此类误差只要正确、细心操作就可避免。

3. 偶然误差

偶然误差又称随机误差，它是由一些随机的偶然因素造成的，是客观存在的，不以人的意志为转移，是允许存在的。例如，测量时环境温度、湿度和气压的微小波动，仪器的微小变化，观察者在估计仪器的最小分度的分数时都会产生这种误差。偶然误差具有不可测性和不可避免性，测得的值时大时小，时正时负，方向不一定。它是由相互制约、相互作用的一些偶然因素造成的。偶然误差的大小和正负一般服从正态分布规律。误差分布具有对称性，可采取多次测量取平均值的方法消除，而且测量次数越多，其算术平均值就越接近于真值。

1.3.2 误差的表示方法

严格说来，误差是指测量值与真值之差，偏差是指测量值与平均值之差，但习惯上两者常混用而不加以区别。因为大多数物理化学实验中真值是我们要求测定的结果，但无法得到真值。不过，由于偶然误差的对称性，在没有系统误差时，进行无限多次测量的算术平均值就是真值。然而我们只能做有限次的测量，因此只能把有限次测量的算术平均值当作可靠的真值。

误差的表示方法通常有三种。设在相同的实验条件下对某一物理量 x 进行等精

度的 n 次独立测量, 测得值分别为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 则被测量的算术平均值为

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

每次测量值与算术平均值的偏差为

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

所做实验的误差常用三种不同方式表示:

(1) 平均误差

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i|}{n}$$

(2) 标准误差(均方根误差)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-1}}$$

(3) 或然误差

$$P = 0.675\sigma$$

物理化学实验中通常用平均误差或标准误差表示测量的精确度。平均误差的优点是计算简便, 但用这种方法表示误差时, 由于正负偏差都较大的数据平均误差却不很大, 表现不够灵敏, 容易忽视质量不高的测量数据。标准误差则对测量数据中的较大偏差表现灵敏, 因此它是表示数据精度的常用方法。或然误差表示在一组测量中若不计正负号, 误差大于 P 的测量值与误差小于 P 的测量值将各占测量次数的 50%, 即误差落在 $+P$ 与 $-P$ 之间的测量次数占总测量次数的一半。

测量结果按精度要求也可表示为绝对误差和相对误差。绝对误差是测量值与真值的接近程度, 可表示为

$$\bar{x} \pm \delta \quad \text{或} \quad \bar{x} \pm \sigma$$

相对误差表示测量值的精密性, 是各次测量值相互靠近的程度, 表示为

$$\frac{\delta}{\bar{x}} \times 100\% \quad \text{或} \quad \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$$

1.3.3 间接测量结果的误差传递

物理化学实验中的测量分为直接测量和间接测量两种。用仪器仪表可直接读

取测量数据的物理量应用的是直接测量法,如温度、压力等。而较复杂的物理量则是通过直接测量读数后,再经过函数计算获得的数据,称为间接测量,如热力学温度的倒数、压力的对数等。在间接测量中,每个直接测量的物理量的误差都会包含在结果中,但它们的关系如何,这就需要进行计算。

若计算的函数关系为 $u=f(x, y, z)$, 即所要求的实验结果 u 是三个直接测量的物理量 x, y, z 的函数,直接测量时 x, y, z 的误差分别为 $\Delta x, \Delta y, \Delta z$, 它们引起最终测量结果 u 的误差为 Δu , 当 $\Delta u, \Delta x, \Delta y, \Delta z$ 与 u, x, y, z 相比很小时,可用微分式表达它们的关系:

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{y,z} dx + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{x,z} dy + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{x,y} dz$$

若把误差看成足够小的变化,则误差间有如下关系:

$$\Delta u = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{y,z} \Delta x + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{x,z} \Delta y + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{x,y} \Delta z$$

上面两式为误差传递公式。若相对误差为

$$\frac{\Delta u}{u} = \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{y,z} \Delta x}{f(x, y, z)} + \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{x,z} \Delta y}{f(x, y, z)} + \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{x,y} \Delta z}{f(x, y, z)}$$

经过推导可得出间接测量的标准误差为

$$\sigma_u^2 = \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{y,z}^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{x,z}^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{x,y}^2 \sigma_z^2$$

其相对的标准误差为

$$\frac{\sigma_u^2}{u^2} = \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{y,z}^2 \sigma_x^2}{f(x, y, z)^2} + \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)_{x,z}^2 \sigma_y^2}{f(x, y, z)^2} + \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{x,y}^2 \sigma_z^2}{f(x, y, z)^2}$$

其中, $\sigma_u, \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ 分别代表测量 u, x, y, z 的标准误差。

1.3.4 有效数字

有效数字是实际能测到的数字。例如,读取滴定管上的刻度,甲得到 23.43mL,乙得到 23.42mL,这四位数字中前三位数字都很准确,第四位数字是估计出来的,所以稍有差别。第四位数字称为可疑数字,但它不是臆造的,记录时应该保留。这四位数字都是有效数字。

1. 测定有效数字的原则

(1) 误差(绝对误差和相对误差)一般只取一位有效数字,最多两位。

(2) 任何一个物理量的数据,其有效数字的最后一位,在位数上应与误差的最后一位划齐,如 2.35 ± 0.01 是正确的,若写成 2.351 ± 0.01 或 2.3 ± 0.01 则意义不明确。

(3) 若第一位的数值等于或大于8,则有效数字的总位数可以多算一位,如8.34在运算时可以看作四位。

(4) 0到9都是有效数字,但0的作用是不同的。凡用0表明小数点的位置,通常用乘10的相当幂次表示。例如,0.0043应作 4.3×10^{-3} ; 248000若表示成三位有效数字则应写成 2.48×10^5 ,若表示成四位有效数字则应写成 2.480×10^5 。

(5) 有效数字的位数与十进制制单位的变换无关,如10.1L有效数字为三位,与 1.01×10^4 mL完全一样。

(6) 对数有效数字的位数只算真数部分,因整数部分说明该数的幂次。例如, $\text{pH}=11.20$,其有效数字是两位,则 $a_{\text{H}^+} = 6.3 \times 10^{-12}$ 。

2. 有效数字的修约规则

有效数字位数确定之后,将它后面的多余数字舍弃,舍弃多余数字的过程称为数字修约过程。

(1) “四舍六入五成双”规则。例如,10.344要求四位有效数字,则舍弃4,为10.34;10.346要求四位有效数字,则六进1,为10.35;10.3451要求四位有效数字,因凡是5后边还有数字,就进1,故为10.35。如可舍弃的数为5,5后边没有数字,前一位若为奇数则进1,若前一位为偶数就舍去。例如,10.335要求四位有效数字,则为10.34;而10.345要求四位有效数字,则为10.34。

(2) 一次修约完。例如,8.44346要求四位有效数字,则为8.443。

3. 有效数字的运算规则

(1) 加减法运算。各数值小数点后所取的位数与其中最少数者相同。例如

$$0.0121 + 25.64 + 1.05782$$

应为

$$0.01 + 25.64 + 1.06 = 26.71$$

(2) 乘除法运算。所得的积或商的有效数字应以各值中有效数字位数最少的

值为标准。例如

$$3.2 \times 0.432 = 1.4$$

(3) 在复杂运算时, 未达最后结果之前的中间各步可多保留一位有效数字, 以免造成误差积累, 但最后的结果应按修约规则保留应有的有效数字的位数。

1.3.5 数据的表达

通常, 实验数据的表示方法主要有三种: 列表法、作图法和方程式法。

1. 列表法

在完成实验数据的采集后, 应该将所有数据尽可能完整地、有规律地统计列表, 以便进一步进行计算和作图等处理。数据列表时应注意以下几点:

(1) 每个数据表都应有简洁明确的标识名称。

(2) 在数据表的表头(行首或列首的第一栏)位置, 应详细地标识数据的名称(或物理量符号)、单位和数量级。

(3) 在数据表中, 数字排列要整齐, 位数和小数点要尽量对齐, 有效数字保留的位数要科学、合理。同一系列的数据(同一行或同一列)要有统一的有效数字、单位和数量级, 以便于比较变化趋势和进一步计算。

(4) 原始数据可以和处理的计算结果填写在一张数据表上, 同时注明数据的处理方法和选用的公式。

2. 作图法

利用图形表达实验结果能够更直观地比较数值变化规律, 更方便进一步求解数据整体趋势, 如极大值、极小值、转折点等, 还可利用图形求面积、作切线、进行内插和外推等。常用的作图方法举例说明如下:

(1) 求外推值。例如, 强电解质无限稀释溶液的摩尔电导率 Λ_m^∞ 不能由实验直接测定, 但可作图外推至浓度为 0 处, 即得无限稀释溶液的摩尔电导率 Λ_m^∞ 。

(2) 求极值和转折点。例如, 完全互溶双液系统沸点-组成图的绘制, 以及最低恒沸点的确定。

(3) 求经验方程。例如, 依据阿伦尼乌斯公式 ($k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$), 测定不同反应温度 T 下的速率常数 k 值, 以 $\ln k$ 对 $\frac{1}{T}$ 作图, 可得一条直线, 再由直线的斜率和截距可分别求出活化能 E_a 和指前因子 A 的数值。

(4) 作切线求函数的微商。从曲线上一点切线的斜率求函数的微商在数据处理中应用广泛。例如，对反应物浓度-时间曲线上各点作切线，各切线斜率的绝对值即为对应时间点的反应速率。

作图法表达数据可选择使用计算机全自动作图，也可选择坐标纸手绘作图。计算机作图通常可使用 Origin、Microsoft Excel 等软件在计算机上完成列表、计算、作图等操作，具体使用方法请查阅互联网上相关软件的操作指南。

在用坐标纸进行手绘作图法表达数据时应注意以下几个方面：

(1) 坐标纸和比例尺的选择。最常用的坐标纸是直角坐标纸，其他如対数坐标纸、半对数坐标纸和三角坐标纸有时也用到。在用直角坐标纸作图时，一般以自变量(主动变量)为横轴，因变量(被动变量)为纵轴，横轴与纵轴的读数并非一定从 0 开始，要视具体情况而定，以尽可能完整清晰地表达图形为宜。制图时选择比例尺是极为重要的，因为比例尺的改变会引起曲线外形的变化。特别对于曲线的一些特殊性质，如极大值、极小值、转折点等，比例尺选择不当会使图形显示不清楚。例如，图 1-1 为 y 轴与 x 轴比例不当时的 $y=f(x)$ 图，图 1-2 为 y 轴与 x 轴比例适当时的 $y=f(x)$ 图。

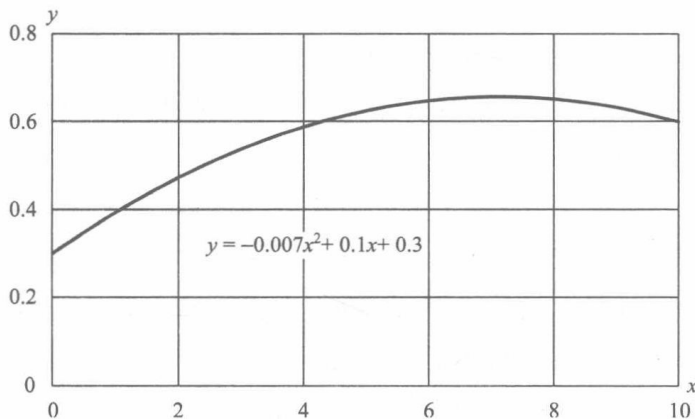


图 1-1 y 轴与 x 轴比例不当时的 $y=f(x)$ 图

比例尺的选择应遵循如下规则：①能表示出全部有效数字，以便从作图法求出的物理量的精度与测量的精度相适应；②图纸每小格所对应的数值应便于迅速简便地读数，便于计算；③充分利用图纸的全部面积，使全图布局匀称合理；④若作的图形是直线，则比例尺的选择应使其斜率接近于 1，即直线与横轴夹角为 45° 左右。