

[苏]

A.H.马特维也夫等编

张逸民 李燕生 译

陈家森 审校

电子计算机 在普通物理教育中 的应用

Problem III

Synthesis signal of
experimental data
Sawtooth signal
time amplitude

1	9.4444726E-01
2	1.0439527E-00
3	2.6737354E-01
4	7.2508180E-01
5	2.8833481E-01
6	6.7149385E-01
7	5.5376850E-01
8	5.7671388E-01
9	5.3150650E-01
10	4.1107993E-01
11	3.7813460E-01
12	3.6818481E-01
13	2.6985776E-01
14	1.9410996E-01
15	1.8855614E-01
16	1.2671663E-01
17	2.6276528E-02

Problem III

Synthesis signal of
experimental data
Rectangular signal
time amplitude

1	4.1683473E-00
2	9.2365908E-01
3	1.8358221E-00
4	9.8862052E-01
5	9.9457817E-01
6	1.8174902E-00
7	9.7446850E-01
8	1.8381533E-00
9	9.6827007E-01
10	1.8381533E-00
11	9.7446850E-01
12	1.8174902E-00
13	9.9457817E-01
14	9.8862051E-01
15	1.8358221E-00
16	9.2365908E-01
17	4.1683473E-00

上海科学技术文献出版社

电子计算机在普通物理 教学中的应用

【苏】A. H. 马特维也夫 主编

张逸民 李燕生 译

陈家森 校

上海科学技术文献出版社

电子计算机在普通物理
教学中的应用

【苏】A. H. 马特维也夫 主编
张逸民 李燕生 译
陈家森 校

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海市第十二厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 6.75 字数 181,000

1986年2月第1版 1986年2月第1次印刷

印数: 1—13,300

书号: 15192·405 定价: 1.50元

《科技新书目》99-235

译 者 的 话

本书译自《ЭВМ В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ》，主编为 А. Н. 马特维也夫，作者为 П. С. 布尔金等十五人；评阅人为 А. Г. 斯维什尼柯夫教授和数学-物理科学硕士 В. И. 札利柯夫，该书由苏联莫斯科大学出版社出版。

该书阐述了在大学普通物理教学过程中应用电子计算机的情况和经验。它包括与电子计算机以会话方式处理物理实验的结果，用电子计算机检查学生学习情况，进行部分教学工作，建立数据库，从事物理实验的数值模拟，组织物理游戏以及与电子计算机联机实验等。其中阐述最多的是普通物理实验结果的数学处理，共介绍 30 道题（详见第二章），其中 26 道题以 BASIC 语言编写的程序列在附录中。

当前正掀起了新技术革命，翻译出版这本小册子也许能起到一点借鉴的作用。对于非计算机类专业的学生，在教学计划中如不安排计算机与算法语言的课程和上机操作，则可通过大学一、二年级高等数学和普通物理教学，训练学生在科学技术工作中应用计算机。本书附录所列举的 26 个程序毋需大型计算机，只要有内存 11.5K 的 PC-1500 微电脑即可，故具有实用意义，对训练大、中专低年级学生掌握和使用计算机进行科学实验方面有一定的参考价值。

原书附录中的 26 个程序适用于苏联制造的电子计算机 EC-1010，国内无此种型号计算机。故我们把这 26 个程序改写成能在 SHARP PC-1500 微电脑上应用的程序，并在该机上实算通过，全部 26 个程序可录存在一盘盒式磁带上，这样便于读者直接使用，并可方便地用于其他国产或进口的微电脑上。原程序中注释语句及字符串信息均为俄文，现全部译成英文。对原程序及书

中原则性错误以译者注的形式加以说明，而对由于机器不同而引起程序正文的变化则不加以说明。

本书第一章、第二章 § 1~§ 9，附录说明由张逸民译，第二章 § 10，第三章~第七章由李燕生译。附录中的 26 个程序由张逸民改编，全书由陈家森校对。

1984 年 10 月

原 序

电子计算机在教学过程中扮演两种不同的角色:

- 1) 作为研究对象;
- 2) 作为训练设备(也作为教师的教学工具)。

把电子计算机作为研究对象所引出的那些具体问题取决于大学的专业。作训练用的计算机的使用则与大学专业的关系较少,故它更具有通用性。

训练大学生在日常工作——科学研究——中应用计算机是大学物理系的主要任务。为此在大学里必须从教学一开始(最好从中学)就在教学过程中引入电子计算机。这个任务将在比较长的一段时间内才能解决,时间的长短既取决于计算技术装备物质上的可能性,也取决于相应重新组织教学内容及改变教学过程性质的可能性。

应该训练大学生在科学研究中应用计算机,这一点是很清楚的。至于把计算机用作训练手段和教师的教学工具,情况就不那么顺利了。在原则上是很明确的,即借助于电子计算机可对学生进行个别训练,并显著地提高教师的工作效率,为此必须要有大型的电子计算机,可惜目前高校暂时还没有普遍地得到这样的装备。而利用功能稍低一点的电子计算机来全面解决这一问题是不可能的,因此教师只能被迫限制在处理一些局部性的问题上。

本书总结了莫斯科大学物理系在普通物理课程中应用电子计算机的经验。我们认为不仅把当前的资料而且把前几年的(如利用《МИР-1》和《МИР-2》型的电子计算机的)资料都收集在本书中是比较合适的,因为它可能会使那些还不具备比较近代的电子计算机的高等学校感到兴趣。在书中分析了一系列至今尚未实际使用的问题,我们是想为推动这方面问题做一些工作。

第一章介绍了计算机作为普通物理课程中研究对象及作为训练手段与教师教学工具有关的一些基本问题的共同特点。在以后的章节中,对一些独立的问题进行比较详细的叙述。

为了在教学过程中巩固与掌握电子计算机的工作实际上能实现,在物理教研室成立了一个六人小组(M. A. 伏龙佐夫, B. A. 凡斯洛乌赫, B. A. 高尔吉因科, Л. Г. 德金科(组长), B. K. 柯尔涅夫和 C. B. 茹拉甫列夫)。该小组与物理实验室以及数学教研室合作得很密切。

作者的分工如下。第一章由 Л. Г. 德金科 (§ 2, 6), Б. И. 伏尔柯夫 (§ 1), B. A. 高尔吉因科 (§ 3), B. A. 凡斯洛乌赫 (§ 4), M. A. 沃龙佐夫 (§ 5) 编写; 第二章——Л. Ф. 基谢列夫 (§ 1), П. С. 布尔金, Б. И. 伏尔柯夫, С. А. 伊凡诺夫, Б. И. 柯兹洛夫 (§ 2, 3), П. И. 鲁班和 В. П. 雷宾 (§ 4), M. A. 沃龙佐夫, B. A. 凡斯洛乌赫, B. A. 高尔吉因科, Л. Г. 德金科, B. K. 柯尔涅夫 (§ 5~10) (其中 (§ 5~7) 的作者还有 П. И. 鲁班和 В. П. 雷宾, § 8—П. С. 布尔金, § 9—Б. И. 柯兹洛夫以及 § 10—С. А. 伊凡诺夫); 第三章与第四章——B. A. 高尔吉因科; 第五章——B. A. 凡斯洛乌赫 (§ 1, 3, 7), Л. Г. 德金科 (§ 2, 4, 5), Б. И. 捷列金 (§ 6); 第六章——M. A. 伏龙佐夫; 第七章——С. В. 茹拉甫列夫 (§ 1, 2), С. В. 茹拉甫列夫与 В. М. 皮库诺夫 (§ 3, 4), Л. Г. 德金科 (§ 5), А. К. 克罗赫马利, Р. В. 列别杰夫与 С. А. 雷日柯夫。附录由 M. A. 沃龙佐夫*, B. A. 凡斯洛乌赫, B. A. 高尔吉因科, Л. Г. 德金科以及 B. K. 柯尔涅夫编写。

A. H. 马特维也夫

* 原文为 B. A. 伏龙诺夫, 与其他处不符——译注。

目 录

第一章 方法论	1
§ 1 教授学习编程的经验和几点看法以及对教学计算系统的要求	1
§ 2 实验结果数学处理的组织	4
§ 3 用电子计算机检查知识和训练	6
§ 4 数值实验; 物理实验的模拟	8
§ 5 物理游戏	10
§ 6 电子计算机的联机实验	12
第二章 实验结果的数学处理	13
§ 1 普通物理实验课题概述	13
§ 2 使用电子计算机《МИР》的经验、某些结果及特点	14
§ 3 应用《МИР》型电子计算机的几个实例	19
§ 4 分时系统	24
§ 5 文件的保存与调用	27
§ 6 程序的运行和结果输出的组织	31
§ 7 用电子计算机 EC-1010 进行实验结果数学处理的经验和特点	34
§ 8 “分子物理学与热力学”篇	35
题 1. 用冷却法测定金属热容量	35
题 2. 液体比热的测定(程序见附录)	37
题 3. 气体比热比的测定(程序见附录)	39
题 4. 空气中自然对流时放热系数的测定(程序见附录)	40
题 5(a) 按斯托克斯法测定液体的内摩擦系数(程序见附录)	41
题 5(b) 液体粘滞系数与温度关系的测定(程序见附录)	43
题 6. 表面张力系数的测定(程序见附录)	45
题 7. 水的平均汽化热的测定(程序见附录)	45
题 8. 真空的获得及其测量技术(程序见附录)	46
题 9. 在真空中金属原子平均自由程的测定(程序见附录)	48
题 10. 力学模型中统计规律的研究(程序见附录)	50
题 11. 机械泵工作的研究(程序见附录)	53

题 12. 氢的传热系数与压强的关系(程序见附录)	56
§ 9 “电学与磁学”篇	57
题 13. 用绝对静电计对静电伏特计分度(程序见附录)	57
题 14. 真空二极管的研究及电子荷质比的测定	58
题 15(a) 了解多栅极真空管的工作。按板极特性曲线计算 五极管的参数(程序见附录)	60
题 15(b) 了解多栅极真空管的工作。按板-栅极特性曲线计算 五极管的参数(程序见附录)	61
题 16. 在半导体中载流子的浓度和迁移率的测定(程序见附录)	63
题 17. 电容充放电过程的研究(程序见附录)	65
题 18. 电子管的电磁振荡发生器	67
题 21*. 谐波分析(程序见附录)	69
题 22. 交流电路中的共振(程序见附录)	72
§ 10 “光学”篇	79
题 23. 利用分光计测定玻璃三棱镜的折射率、色散和 分辨力(程序见附录)	79
题 24. 利用牛顿环测定曲率半径与光的波长(程序见附录)	80
题 26**. 光线在圆形和矩形小孔与在圆盘上衍射现象的 研究(程序见附录)	81
题 27. 氢光谱中光谱系规律的研究	84
题 28. 摄谱仪的研究和光谱线波长的测量	85
题 29. 熟悉法布里-珀罗干涉仪的工作	87
题 30. 在小基地上测量光速(程序见附录)	89
第三章 信息程序、咨询数据库	91
§ 1 手册性资料录写入文件。咨询数据库	91
§ 2 手册性资料写成程序形式	94
第四章 检查程序和训练程序	98
§ 1 检查学生理论知识水平的程序	98
§ 2 实验作业正确性的检查	102
§ 3 训练程序	103
第五章 数值实验; 物理实验的模拟	106
§ 1 数值实验的几个基本阶段	106

* 因题 19、题 20 无题目内容, 只有附录中的程序, 故此题编号为题 21——译注。

** 因题 25 无题目内容, 只有附录中的程序, 故此题编号为题 26——译注。

§ 2	物体在重力场中的运动	108
§ 3	在简谐力的作用下产生的非线性受迫振动的研究	112
§ 4	物体以相对论速度运动的模拟	114
§ 5	任意分布函数朝麦克斯韦分布的弛豫	117
§ 6	带电粒子在电磁场中的运动	118
§ 7	光束的衍射问题	122
第六章	物理游戏	128
§ 1	根据物理题材建立游戏的一般原则	128
§ 2	在变分原理基础上建立的游戏模型	129
§ 3	游戏编排中一些优化设计与控制的问题	135
第七章	与电子计算机联机的实验	140
§ 1	信息处理过程的自动化	140
§ 2	电子计算机 EC-1010 的外围设备	140
§ 3	分时会话式监控程序	142
§ 4	对数台实验设备进行实时服务的程序保证	143
§ 5	振幅分析及统计规律的研究	143
§ 6	设备介绍	145
附录	程序文本	147
参考文献		202

第一章 方 法 论

近年来,工业化与自动化已成为物理领域中实验研究不可避免的伴侣。计算技术的发展给新型研究——数值试验与模拟试验开辟了道路。科学研究的手段与方法方面的进步在教学过程中也得到了反映,但这还不全面。近代物理学家——他不仅是本学科的专门家,而是各种不同专业(如建筑师、安装师、电工、仪表调整工、计算员等等),协同发展的指挥者和组织者。显然,要学会组织和控制,学会与不同专业组的相互作用需要经过训练。

新的研究手段与方法的个别环节,如利用已准备好的每个实验的程序块来处理测量结果,数值试验与模拟化,信息、答疑与训练程序的应用,以及计算机联机试验等——可以在学习普通物理课程中加以利用,即既可用于普通物理实验室工作,亦可用于讨论及自修。某些物理过程的模拟作为课堂演示是很有用的。

§ 1 教授学习编程的经验和几点看法 以及对教学计算系统的要求

掌握用于物理研究中的编程技术(即用某一种算法语言编写算法的技术),在很久以前就开始,在最初阶段是以自学形式及在不大的范围内进行。随着计算手段在科学界与大学中的渗透,以及拥有机器总数的扩大,就产生了有组织地训练编程的必要性。这任务在很大程度上依靠建立应用数学系与相应的大学来解决,然而上述课程对于其他科系,特别是物理系,无疑是有益的。现在很多专业中的物理学还没有经常使用计算机,以致编程成为其研究技术的重要部分,但按习惯而言,它应是数学技巧的一个基本部分,了解电子计算机及编程方法就能对在相应领域中利用计算机的可能性作出评价,并可以高效和独立地进行各种不同的计算。

必须强调指出,主要的是编制出算法方式的设想,而具体算法语言的研究,仅是为较快地完成这一任务的一种手段。

可把电子计算机在物理研究中的应用分为两种形式: 1) 用于计算及数学模拟; 2) 与实验装置联机(这时电子计算机成为它的一部分)时物理实验结果的处理。无论那一种形式的训练都有自己特点。看来,第二种方式的训练应在稍后的阶段进行,即这时学生已建立起算法的思维方法。此外,如训练在电子计算机上编程及解题有足够的经验,而训练电子计算机与这类实验的物理装置相连状态的工作实际上还没有足够的经验。在训练编程的初始阶段很自然与数学研究有关,并依靠数学教师来完成它^[2]。

训练编程的内容与形式基本上取决于使用计算机的数量和类型。为了训练的目的,具有足够数量终端的分时系统的中等级别计算机最为适宜。终端是指与计算机相连的一种设施,它用来输入与输出信息,并有用来输入信息和操作(有时是缓冲存贮器)的键盘,输出则通过打印机、电视屏幕,有时由字符数字打印机进行。终端可以离开电子计算机很大的距离; 分时系统允许连接到一台电子计算机上的几个终端同时工作。

我们现有的大多数计算机在包状处理状态下工作,这种情况下送入在信息的外载体(穿孔卡片或穿孔纸带)上准备好的程序,然后在计算机中一个接一个依次执行。程序员与计算机之间的联系通过中间体进行。虽然包状处理的工作方法相当普遍,但对训练而言,这样计算机是不很适宜的,因为在大规模训练编程的初始阶段,个人上机工作的直观性和心理效应具有很大的意义。此外,在包状处理状态下的大规模训练过程中会产生一系列技术上和安排上的困难: 如穿孔卡片的穿孔,程序的输入和结果的输出,而主要的困难在于计算或调试的结果需要经过二、三天才能得到; 而分时系统状态下的工作允许学生对自己的操作得到实时的计算机响应。诚然,不仅需要研究编程的具体语言,还要研究使计算机运行的操作系统的指令,因此在某些情况下使训练大为复杂。

带有有限的充分流行的高级语言的小型机可认为是工作在分

时系统状态下功能较强的电子计算机的等效终端。苏联产的下列电子计算机《МИР-1》、《МИР-2》、《НАИРИ》属于这类机器。

《МИР》系列机器的输入语言很象现代高级语言 ALGOL-60。该机器的特点是贮存在逻辑线路(微程序)中的内部解释语言,使一些笨重的外部存贮装置不能与之连接。人机之间的信息交换借助于电传打字机来实现。机器可在任意位数的十进制数下工作,其位数只受寄存器容量的限制。在六位数时计算机的快速动作使机器每秒平均进行 200~300 个算术运算。这时运算寄存器的容量约为几百个数。

电子计算机《МИР-2》与《МИР-1》的区别在于前者具有电视屏幕(这是其最大的优点)、比较复杂的输入语言以及比较复杂的操作台。在上机工作的最初阶段,后者会引起很大的困难。

与《МИР》机参数相近的是《НАИРИ》机。它具有两种不同水平的语言,它允许在必要时编写出多次用于计算的比较详细的程序。然而高级语言——发展的自动编码(也称作自动编程)对初学者来说是不很方便和比较困难的。上机实际操作也是如此,所以《НАИРИ》适宜用于科学计算、实验结果的自动处理。

在分时状态工作的机器中,可以提出 BHP 工厂生产的电子计算机 EC-1010,它是 EC 系列机中容量最小的,并可以使与一个处理机相连的几个(最多为 16 个)显示设备工作。具有这种工作状态的程序保证或分时系统(TSS)允许独立使用 BASIC, FORTRAN 或汇编程序(自动编码)。

训练用的系统(或机器)应满足一定的要求。其中主要的如下: 1) 系统应在足够高级水平的语言基础上工作,但在第一阶段不要太复杂,以便有可能过渡到比较流行的语言(在这种情况下,语言以及工作的技术上继承性是非常重要的); 2) 系统辅助指令的编排(调试方法及其他)应有足够的灵活性,但对于操作及掌握使用应足够简单(这些要求是互相矛盾的,但是希望每一个具体矛盾的解决有利于简化); 3) 系统应提示学生,“引导”他,以减少记忆大量因循守旧的对于解题非原则性的指令。上述 EC-1010 的分

时系统在一定条件下满足这些要求。

在训练编程中,应注意到大学生对算法的思维能力有很大的差异,因为入学时这方面素质没有进行专门考核。在训练的起始阶段多数大学生发生对算法实质理解的困难。这里重要的是逐渐掌握编程技术,以及自己的“习惯”逐渐适应。上机操作时,一些能顺利地掌握编程技术的学生显示出极大的主动性,这些学生实际上不需要教师特别的照顾,因此,在个别操作时,教师就可以照顾其他学生。

在训练编程的初期,应该注意以下三个问题:按算术表达式进行计算,组织循环及大量数据的工作。为了掌握这些“环节”,一学期中上机(场次)三次已经够了,每次 30 分到 1 小时。以后可以研究基本的计算方法,例如积分计算与解超越方程。然后再过渡到比较流行的语言,例如在《MIP》机器语言后研究 ALGOL-60,在 EC-1010 机上的 BASIC 语言后研究 FORTRAN 语言。在这一阶段应扩展计算方法的范围,以及利用标准子程序库,作为自动化编程的形式之一。

§ 2 实验结果数学处理的组织

物理学是一门实验性的科学。所以在普通物理实验的实验室中的工作是研究物理规律和物理方法过程不可分割的一个部分。实验室工作给学生有可能熟悉一些物理现象和某些基本的仪器,掌握各种测量方法以及学习实验“技术”。广泛地使用电子计算机成为实验研究的一个组成部分。因此,在不同实验中,程度不同地使用电子计算机是非常自然的。

对于普通的教学实验(大多数实验室工作是这样的),从演算装置中取得的信息量是不大的,一般不超过几十个数据。这些信息相应的处理结果就是由所做的实验得到的物理结论。对每个实验工作的数学处理都有其特殊性(虽然一般包括一种或几种分析直接测量、间接测量或混合测量的分析单元)。我们假设在实验室工作开始时学生对数学处理的基本概念应熟悉到这样程度,至少对

大多数实验工作,可以独立地找到必须的计算公式。

编程课与上机操作从第一学期开始已由数学教研室对学生进行数学的准备。所以,我们可以由此出发:即学生在实验室工作开始时,已熟悉了一种或二种算法语言的基本编程法以及具有在电子计算机的信息输入/输出装置上工作的技巧。

至今许多计算中心拥有大量成套已编制好的、高水平、完整、标准子程序并企图使近代实验研究最大地自动化。所以,给普通物理实验的实验室工作补充关于实验结果数学处理的全套完整的程序是及时的和非常重要的,其中每个程序都应在对话状态下执行(电子计算机用俄语编的程序询问原始数据,“给出”提示并“报告”最终的结果)。所有程序在这种工作状态可以在未翻译的形式下,保存在永久性的存贮装置中。借助少量的、标准的系统命令,就可以组织调用与起动所需要的程序,这开辟了即使没有编程技巧和对没有完全掌握观察的结果数学处理知识的人员使用程序工作的可能性。在这种情况下,使用程序的操作时间已可能缩短到最低(一般为2~5分,有时稍多一些)。

上述方法充实了实验研究工作。在一台分时系统的电子计算机上,用给定的成套程序在与实验装置并列放置的可移式显示器上实现多用户同时工作——这是莫斯科大学物理系在普通物理实验中完成实验结果的数学处理的巨大成就。

考虑到工作的教学性质,也要把工作程序以算法语言的形式存贮起来。这样学习人员可积极影响程序内容,即研究它,按自己意图改变它,并用自己改编的程序来工作。

最后应经常开辟独立编程的可能性,如结果处理的一些独立的程序块和编制整个题目的程序。在工作过程中,按照教师的要求或在他的允许下必须学会在限定的时间内编写和起动这些不大的程序,并获得结果。

但主要是掌握安排实验研究的技巧:把工作分成阶段与部分,保证各阶段的协调性和不同部分之间必要的相互作用。在教学实验中这些部分的工作一般是:仪表的装配与调整,实验本身及数学

处理。物理系学生不仅要学会完成这些工作环节,而且能“指挥”它们,在实验设计中,把它们用作准备好的组成单元体。

§3 用电子计算机检查知识和训练

科学与新研究方法迅速发展,导致大学毕业生必须的知识量不断增加。在同样时间内,学生必须掌握数量越来越多的知识。

在人的积极生活的时间里,职业本身经受着各种变化。在或多或少发达的国家中,人们现在已不可能在工作过程中停止学习。所以提高训练效果,研究教学手段,大大提高教学过程的强度已上升为第一位的重要任务,这并不是偶然的。但是,按许多专家的意见,在人类活动的任何范围内,对于技术进步显示出的惰性未必比教学过程来得大。

目前的训练体制的最大缺点是: 1) 传授知识方法上的“平均主义”,不考虑不同学生对知识理解的差异; 2) 对掌握知识的质量缺少经常性的检查。这些缺点原则上可以通过增加教师队伍的数量和提高他们的质量来解决,但这未必能全部解决问题。显然,使用各种机器和计算机的方法来解决教学问题是必然的趋势。

最近十年来,电子计算技术的迅速发展,电子计算机在分时状态工作的可能性,研究用很方便的语言借助字符显示和电传打字机作人机对话的工作方法,这一切为有效地利用电子计算机在训练学生和检查他们的知识中创造了现实的基础。

在苏联以及其他国家使用技术装备和编程训练中的经验表明: 电子计算机在教学过程中的应用可分为以下三个基本方面:

- 1) 建立不同种类信息的程序以及咨询数据库;
- 2) 实现对学生知识的监控;
- 3) 研究训练程序。

工作在对话状态下的电子计算机用于上述几个方面的特点如下:

资料性程序

一般讲这类程序是教学过程中所使用的各类程序中最简单

的。用它们来提供课堂上未讲的、没有很好消化的资料以及给出手册性质的资料(如联接仪表的次序、材料的物理与机械性质、辐射的波长等资料)。所有这些资料可以安排在称作咨询数据库里。为了利用电子计算机建立资料性程序,在计算机的存贮器中应能存贮足够数量的字符串信息。

检查程序

检查学生学业成绩的机器,从简单的到最复杂的有多种类型与结构。然而,它们的共同点在于给学生提供对每个问题从准备好的一组不同的答案中选择其中一个的可能性。这种方法在苏联最广泛的应用《拉斯托奇加》和《艾克扎敏纳托尔》自动检查机。把电子计算机作为检查机,就有可能在很多情况下让学生独立编集答案。学生自己编集答案可以使他们学得更好、更主动;因为提供给学生的几个准备好的不同的答案,每一个看来都貌似正确,这样可以引导学生不必记住某些不正确的原理。

训练程序

这是最复杂的程序类型,为了执行这类程序需要具有大容量存储器与大的逻辑编程条件的电子计算机。这类程序与检查程序的区别首先在于在每个检查问题之前要给出几份为了使学生得到正确答案所必须学会的材料。

已知两类训练程序——线性的与分支的。

按线性程序进行训练时所有学生得到同一份材料。然后学生必须把前一份完成,并学会正确回答检查问题之后才能获得下一份材料。这样,所有的学生按同样的次序不同的速度进行。

分支程序允许每个学生根据本人能力按自己的想法进行,如果学生对材料不理解,可给出补充解释或甚至让学生返回到解释的开始处。所指出的这类训练程序是最有效的,按这样的程序开发的训练方法,得到美国生产电子计算机的国际商业机器公司(IBM)和数据控制公司(CDO)的支持。

实现任意一个程序的方法,主要取决于所采用电子计算机的条件,同时也与应该提供给学生的材料性质有关。