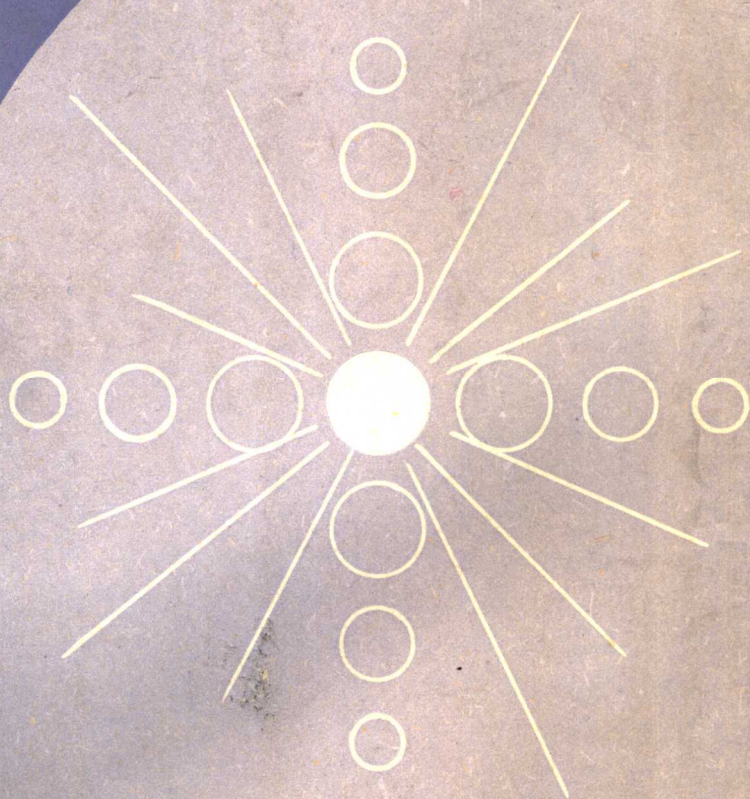


高等学校教材

微机在 大学物理中的应用

包荫鸾 张国华 等编



西北工业大学出版社

04

190

高等学校教材

微机在大学物理中的应用

包荫鸾 张国华 耿兴国 编

西北工业大学出版社

1990年5月 西安

内 容 简 介

本书主要介绍计算机在大学物理学中的应用,选题内容基本与大学物理课程内容一致,并归纳成计算、模拟和绘图三类问题,且由浅入深、由简到繁的介绍了多种计算方法。书中程序分别用 FORTRAN 和 BASIC 两种语言编写。全书共分五章,主要内容包括:语言简介,计算机作图,计算机模拟及积分、微分和薛定谔方程的解法等。

各章节除结合具体问题阐述物理模型和数学模型外,都列有程序流程图、程序说明、参考程序及运行结果,每章后都附有习题及部分习题参考程序。

本书可作为各层次工科大专院校的教材或参考书,也可作为工程技术人员、计算机爱好者的自学读物。

高等学校教材 微机在大学物理中的应用

包荫鸾 等编

责任编辑 刘 红

责任校对 樊 力

*

西北工业大学出版社出版

(西安市友谊西路 127 号)

陕西省新华书店发行

西安电子科技大学印刷厂印装

ISBN 7-5612-0258-X/O·29 (课)

*

开本 787×1092 毫米 1/16 11.625 印张 1 插页 280 千字

1990 年 5 月第 1 版 1990 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—1400 册 定价: 2.38 元

前 言

计算机的出现,特别是微机的大量使用,使计算机的应用遍及国民经济、科学技术和日常生活的各个领域。它对社会文明建设的进程产生了巨大而深刻的影响。计算机科学及其应用水平已成为一个先进国家的重要标志之一。

近代物理学与物理实验技术所获得的成果与进展,几乎都是与计算机科学相结合的产物。因此,国内、外都非常重视物理学与计算机的结合。

本书的主要目的是介绍计算机在大学物理学中的应用,力图把微机作为学好大学物理、加强能力培养的一种手段,使读者能以计算机为工具,加深对物理的基本概念、基本规律的理解,巩固已学算法语言课程内容,锻炼计算机编程和操作应用水平,学会应用计算机解决物理学或其它学科实际问题的能力。

本书有以下几个特点:

1. 从所选典型物理问题出发,着重阐述两个过渡:即从物理分析阐明物理图象,完成物理模型到数学模型的过渡;从数学模型、计算方法、程序设计到计算机实现的过渡。

2. 选题内容基本与大学物理课程内容一致,并统一归纳成计算、模拟和绘图三种类型问题的介绍,覆盖大学物理课程的主要内容。

3. 书中各个具体物理问题所用到的数值计算方法、内容安排上由浅入深、由简到繁、循序渐进地介绍多种方法,且侧重于讲清概念,掌握方法实质,尽量避免过多涉及数值计算课程内容,使初学者易于理解和掌握。

4. 为了使读者更好地理解与掌握本书内容,对所选典型问题除详细阐明物理模型、建立数学模型外,都列有程序流程图、程序说明、参考程序和运行结果,并在每章后附有习题。

5. 针对国内各工科院校开设不同算法语言情况,本书使用 FORTRAN 和 BASIC 两种语言编写程序。

本书是为工科院校低年级学生编写的选修课教材,也可作为课外阅读参考书。读者只需具备高等数学、算法语言和大学物理等课程知识,就可理解和掌握本书基本内容。

本书共分五章。第一章简要介绍 FORTRAN 和 BASIC 两种程序设计语言,结合几个力学问题阐述了从物理模型过渡到计算机实现的主要步骤;第二章通过分子物理、振动等方面的内容,在物理分析的基础上,建立数学模型,获得相应的数学表达式后,介绍函数(包括微分方程)作图的基本方法;第三章是以电磁学的一些问题为实例,研究定积分、代数方程和微分方程的数值解法;第四章通过研究等位线、波的干涉等问题,介绍应用强度定标法和强度限方法在计算机上模拟点电荷与点电荷系的等位线和波的干涉图象,并对计算机模拟的另一类常用方法——蒙特卡洛法作了介绍;第五章着重介绍了薛定谔方程的矩阵解法和利用波函数节点特性求解特征值的方法,最后介绍了能带计算等问题。

本书 BASIC 部分由张国华负责编写, FORTRAN 部分由包荫鸾负责编写,耿兴国参加部分编写工作。全书由包荫鸾统稿。

本书由西安公路学院刘纪高级工程师审阅，并提出了宝贵意见，谨致深切谢意。
由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，期望读者批评指正。

编 者
1989年5月

目 录

第一章 力学与 FORTRAN 语言和 BASIC 语言	1
§ 1-1 FORTRAN 语言简介	1
§ 1-2 BASIC 语言简介	4
§ 1-3 几个简单力学问题的计算	6
习题	13
第二章 物理图形与函数的计算机作图	15
§ 2-1 麦克斯韦分子速率分布曲线	16
§ 2-2 谐振动曲线	24
§ 2-3 谐振动的合成	30
§ 2-4 阻尼运动	38
习题	44
第三章 电磁学与基本计算方法	45
§ 3-1 定积分的数值计算方法	45
§ 3-2 欧拉法研究 R-C 电路的放电规律和电磁振荡	67
§ 3-3 改进的欧拉法研究 R-C 电路的放电规律	79
§ 3-4 对分法解代数方程	84
习题	88
第四章 物理图象与计算机模拟	90
§ 4-1 点电荷与点电荷系的等位线	90
§ 4-2 波的干涉	99
§ 4-3 蒙特卡洛方法	108
习题	117
第五章 薛定谔方程的数值解及其应用	118
§ 5-1 薛定谔方程的矩阵解法	118
§ 5-2 单一有限深势阱中粒子能级计算	136
§ 5-3 多重有限深势阱中粒子能级及能带计算	142
习题	151
附录 部分习题参考程序	152
一 FORTRAN 部分习题参考程序	152
二 BASIC 部分习题参考程序	167
参考文献	180

第一章 力学与 FORTRAN 语言和 BASIC 语言

本章首先简要介绍 FORTRAN 语言和 BASIC 语言, 然后以数个简单的力学问题为例, 说明从物理模型过渡到计算机运算的主要步骤。

§ 1-1 FORTRAN 语言简介

FORTRAN 是英语 FORMula TRANslator (即公式翻译) 的缩写。FORTRAN 语言是当今世界上应用最广泛的科技计算程序设计语言, 目前使用的主要版本是 FORTRAN IV 和 FORTRAN 77, 后者比前者版本更新, 功能更强。在本节中主要介绍 FORTRAN 语言中常用部分, 一般若无特殊说明, 语言规则等均适用于以上两种版本。对两版本规定中的不同之处, 将给予指出。

一、FORTRAN 语言的两点说明

1. 常数与变量类型

FORTRAN 中常数分 7 种类型: 整型(INTEGER)、实型(REAL)、双精度型(DOUBLE PRECISION)、复型(COMPLEX)、双精度复型(DOUBLE PRECISION COMPLEX)、逻辑型(LOGICAL) 和文字型(CHARACTER)。每种类型的常数要放入同种类型的变量中。特别要指出的是, 在 FORTRAN IV 中变量只有前 6 种类型, 而无文字型变量, 文字型常数可放入各种类型的变量中; 在 FORTRAN 77 中有文字型变量, 所以文字型常数只能放入文字型变量中。

变量名必须是以字母开头, 可以由不超过 6 个字符组成。若不加类型说明时, 用 I、J、K、L、M、N 打头的变量为整型、其它字母打头的变量为实型。

2. 语句书写格式

当第 1 列有字符 C 时, 表示该行为注释行, 不参加编译和运行。当第 6 列上有非零和非空格的字符时, 表示此行为上行的继续行。一般的 FORTRAN 语句写在 7~72 列中, 语句标号在 1~5 列中。

二、FORTRAN 基本语句

FORTRAN 语句分为两大类: 可执行语句和非执行语句。

1. 可执行语句

(1) 赋值语句

$$V = e$$

其中 V 为变量或数组元素名, e 是表达式。

(2) 控制语句

① 无条件 GO TO 语句

GO TO K

其中 K 是可执行语句的标号。

② 算术条件语句

IF (e) K_1 , K_2 , K_3

其中 e 为算术表达式, K_1 、 K_2 、 K_3 为语句标号。

当 $e < 0$, 执行 K_1 语句;

$e = 0$, 执行 K_2 语句;

$e > 0$, 执行 K_3 语句。

③ 逻辑条件语句

IF (e) S

e 为逻辑表达式, S 为内嵌语句。

当 e 为“真”, 则执行 S 语句, 然后再执行该 IF 语句下面的语句;

当 e 为“假”, 则不执行 S 语句, 转移至下面语句。

④ 循环 DO 语句

DO n I = M_1 , M_2 , M_3

或 DO n I = M_1 , M_2

循环体

n.....

其中 n 为语句标号, I 为循环变量, M_1 为初值, M_2 为终值, M_3 为步长值 (若 M_3 为 1 时可省略)。

⑤ 继续语句

CONTINUE

常在语句标号后作为循环终了语句。

⑥ 调用语句与返回语句

在主程序调用子程序时使用调用语句:

CALL S($d_1, d_2, \dots, d_n$)

或 CALL S

其中 S 为子例程子程序名, $d_1, \dots, d_n$ 为实在参数。

在子程序的逻辑终点使用返回语句:

RETURN

它一般在 END 语句前面。

⑦ 结束语句

END

通知编译程序本程序块结束。

(3) 输入输出语句

① 无格式输入/输出语句

输入 READ(u, *) 输入表列

输出 WRITE(u, *) 输出表列

u 代表输入或输出的设备号, 第二位的“*”代表无格式输出。

② 有格式输入/输出语句

输入 READ(u,f) 输入表列

输出 WRITE(u,f) 输出表列

u 是输入(输出)设备号。

在 FORTRAN IV 中, f 是对应格式语句(FORMAT)的标号,

在 FORTRAN 77 中, f 也可以是‘(格式)’。

格式说明符:

rFw.d	F 变换(实型数的变换)
rEw.d	E 变换(实型数的变换)
rDw.d	D 变换(双精度型数的变换)
rlw	I 变换(整型数的变换)
rLw	L 变换(逻辑型数的变换)
rAw	A 变换(字符变换)
nHh ₁ h ₂ ...h _n	H 变换(字符串)
或 ‘h ₁ h ₂ ...h _n ’	
nX	X 变换(空格)

其中 w,n 是场宽,是正整数(表示所占据的总位数); d 为正整数,表示小数点后的位数, r 为正整数,表示重复使用的次数(r 为 1 的时候可省略); h₁,h₂,...,h_n 是字符串。

③ 结束文件语句:

ENDFILE u

其中 u 为设备号。

2. 非执行语句

(1) 类型说明语句

type d₁,d₂,...,d_n

type 为类型说明, d₁,...,d_n 为变量名、数组名。

常用类型: INTEGER	(整型)
REAL	(实型)
DOUBLE PRECISION	(双精度型)
COMPLEX	(复型)
LOGICAL	(逻辑型)
CHARACTER	(文字型) (FORTRAN 77 中适用)

(2) 维数语句

DIMENSION R₁(I), R₂(I, J, K)

其中 R₁、R₂ 为数组名, I、J、K 为正整数。

(3) 格式语句

f FORMAT(格式说明)

f 为语句标号。

(4) 数据初值语句

DATA V₁/D₁/, ..., V_n/D_n/, or V₁,V₂,...,V_n/D₁,D₂,...,D_n/

其中 $V_1, \dots, V_n$ 为变量, 数组元素名或数组名; $D_1, \dots, D_n$ 为数据表列

(5) 定义函数语句

$f(a_1, \dots, a_n) = e$

其中 f 为函数名, $a_1, \dots, a_n$ 为虚拟自变量, e 为含有 $a_1 \dots a_n$ 的表达式。

(6) 函数子程序语句

type FUNCTION $S(a_1, \dots, a_n)$

或 FUNCTION $S(a_1, \dots, a_n)$

其中 type 为类型说明选择, 可省略; S 为函数名, $a_1, \dots, a_n$ 为虚拟变量。

(7) 子例程子程序语句

SUBROUTINE $S(a_1, \dots, a_n)$

或 SUBROUTINE S

其中 S 为子例程子程序名, $a_1, \dots, a_n$ 为虚拟变量。

3. 源程序语句排列顺序

- ① 函数子程序语句、子例程子程序语句;
- ② 说明语句(类型语句、维数语句等);
- ③ 数据语句(数据初值语句、定义函数语句);
- ④ 可执行语句(格式语句可放在其中任意处);
- ⑤ 结束语句。

§ 1-2 BASIC 语言简介

一、基本语句

1. 输出语句(PRINT)

格式有三种。

① PRINT 变量、表达式组、“字符串”组

功能: 打印变量、表达式值, 复印字符串。多个变量、表达式、“字符串”之间可使用“;”(分号)或“,”(逗号)。当使用“;”(分号)时表示用紧凑格式打印, 当使用“,”(逗号)时表示用标准格式打印。PRINT 语句的最后, 若无标点, 则本句内容打印完后, 打印机自动换行; 若以分号结束, 则本句打印完后, 下句打印内容紧接着打印而不换行; 若以逗号结束, 执行完本句后, 不换行, 把下一句打印的第一项接着打印在本行的下一个标准打印位置上。PRINT 后面无变量、表达式、“字符串”, 则输出空行或换行。

② PRINT 打印格式函数; 打印内容

功能: 按照打印格式函数的规定位置进行打印。其函数为: 制表函数 TAB(X)、空格函数 SPC(X)。在 X 的位置可写变量或表达式, 计算机自动按其值取整决定打印位置。TAB(X) 表示后面打印内容打在第 [X] 列; SPC(X) 表示后面打印内容与前项打印结果空 [X] 格。([] 表示取整)

③ PRINT USING “打印格式说明”; 打印内容

功能: 把打印内容用 USING “格式要求”的格式打印。

2. 输入语句

① 赋值(LET)语句,其格式为

LET 变量 = 表达式

LET 可省略,则格式为:变量 = 表达式。

② 读数据(READ/DATA)语句包含读数(READ)语句和置数(DATA)语句,其格式为:

READ 变量 1, 变量 2, ..., 变量 n

DATA 数据, 数据, ..., 数据

功能: 读数语句(READ)依次将置数语句(DATA)中的数据顺序赋给变量。DATA 语句在程序中位置不限定(在 END 之前)。配合 READ/DATA 语句常使用恢复数据区语句(RESTORE),其格式为:

RESTORE

表示将读数据的指针恢复到数据区的初始位置(即第一个 DATA 语句中的第一个数据前),再遇到 READ 语句时,读 DATA 中的第一个数据。

③ 键盘输入(INPUT)语句,其格式为

INPUT 变量 1, ..., 变量 n

功能: 当程序运行到 INPUT 语句时打印出“?”后,动态停机,等待键盘送数,将全部数据送入(数据间逗号隔开,最后无逗号),按回车键后,数据顺序赋给变量,程序继续运行。

3. 转移语句

① 无条件转移语句,格式为

GO TO 语句标号

② 条件转移语句,格式为

IF<表达式> <比较符> <表达式> THEN 语句标号

或 IF<表达式> <比较符> <表达式> GOTO 语句标号

功能: 条件成立则执行 THEN 或 GOTO 后面的语句标号所指的语句,否则执行下面语句。

4. 循环语句(FOR-NEXT 语句)

循环语句包含循环说明(FOR)语句和循环终端(NEXT)语句。

FOR 语句一般形式为

FOR X=A TO B STEP C

X 为循环变量; A、B 为循环变量初、终值; C 为循环变量的步长,当 C 为 1 时,STEP 和 C 可省略。

NEXT 语句一般形式为:

NEXT X (X 为循环变量)

FOR-NEXT 语句功能: 当执行 FOR 语句时,循环变量 X 取值从 A 开始,执行循环体内各语句。遇到 NEXT 语句,循环变量 X 增加步长 C,将 X 与终值 B 比较。若小于或等于 B 继续执行循环体,若大于终值 B,则执行 NEXT X 下面的语句。

5. 转子(GOSUB)语句和返回(RETURN)语句

转子语句的格式为

GOSUB 子程序入口语句标号

返回语句的格式为:

RETURN

功能: 执行转子语句时转到其后标明的语句标号开始的子程序, 遇到子程序的返回语句时, 返回至转子语句的下一语句。

6. 数组说明(DIM)语句

格式: DIM 数组名(下标个数)

或 DIM 数组名(个数1, 个数2)

7. 自定义函数(DEF)语句

格式: DEF FNA(X) = 含 X 的表达式

其函数名 FNA 中 FN 是规定的, A 位置即第 3 个字母可以是 26 个大写字母中的任意一个。调用时只写 FNA(X) 即可。

8. 结束(END)语句

格式: END

放在程序的最末位, 一个程序只能有一个 END。

二、字符串变量与随机函数

1. 字符串变量

格式: 由一个字母后面跟一个“\$”符号来表示, 如 A\$ 等。

一般如果字符串包括一个以上字符, 就应当用说明语句(DIM 语句)先说明字符串的长度, 如 DIM A\$(10) 等。

字符串变量赋值必须用引号括起来。

2. 随机函数(RND(X))

格式: RND(X)

随机函数是标准函数、表示产生随机数, 可直接调用, 其中括号里的 X 取值(0,1)之中的任意数。

§ 1-3 几个简单力学问题的计算

一、瞬时性与极限

位移、瞬时速度、瞬时加速度是力学中的几个基本概念, 它是精确描述物体运动状态和状态变化的重要物理量, 特别是瞬时速度、加速度的概念充分体现了变化和趋近极限的特点。尽管计算机计算总是有限的, 但它一般可以精确到问题所要求的精度, 因此计算机已成为向极限逼近的主要工具。通过下面具体实例, 可以清楚地了解计算机计算由平均值向瞬时值的过渡, 由近似值向极限值逼近的过程和方法。

例 1-1 已知一质点沿 OY 轴作直线运动, 它在 t 时刻的坐标是 $y = 4.5t^2 - 2t^3$, 试求:

在 $t = 2 \sim 3s$, $2 \sim 2.5s$, $2 \sim 2.1s$, $2 \sim 2.01s$, $2 \sim 2.001s$, $2 \sim 2.0001s$ 内质点的平均速度、平均加速度及 $t = 2s$ 末的瞬时速度和加速度。

(1) 物理分析

根据题意: 质点在 t 时刻的位置为

$$y = 4.5t^2 - 2t^3$$

质点在 $t + \Delta t$ 时刻的位置为

$$y + \Delta y = 4.5(t + \Delta t)^2 - 2(t + \Delta t)^3$$

因此质点在 $t \sim t + \Delta t$ 时间间隔内位移为

$$\Delta y = 9t\Delta t + 4.5(\Delta t)^2 - 6t^2\Delta t - 6t(\Delta t)^2 - 2(\Delta t)^3 \quad (1-1)$$

质点在 $t \sim t + \Delta t$ 时间间隔内的平均速度为:

$$\bar{V} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = 9t + 4.5\Delta t - 6t^2 - 6t\Delta t - 2\Delta t^2 \quad (1-2)$$

在上式中令 $\Delta t \rightarrow 0$, 则得质点在 t 时刻的瞬时速度为

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta t} = 9t - 6t^2 \quad (1-3)$$

质点在 $t + \Delta t$ 时刻的瞬时速度则为

$$V + \Delta V = 9(t + \Delta t) - 6(t + \Delta t)^2$$

则其速度增量为

$$\Delta V = 9\Delta t - 12t\Delta t - 6\Delta t^2 \quad (1-4)$$

则其平均加速度为

$$\bar{a} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = 9 - 12t - 6\Delta t \quad (1-5)$$

令 $\Delta t \rightarrow 0$, 得质点在 t 时刻的瞬时加速度为

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = 9 - 12t \quad (1-6)$$

式(1-1), (1-2), (1-3), (1-4), (1-5), (1-6)是算题的依据。

(2) FORTRAN 程序说明及参考程序

① 程序流程图, 如图 1.1 所示。

② 程序中 V 、 A 、 DT 、 $V1$ 、 $A1$ 分别表示速度 V 、加速度 a 、时间间隔 Δt , 及平均速度 $\bar{V}$, 和平均加速度 $\bar{a}$ 。

③ 参考程序及运行结果。

```

      READ(*, *) T
      DO 10 K=1, 5
      DT=10.** (1-K)
5      V1=9.*T+4.5*DT-6.*T*T-6.*T*DT-2.*DT*DT
      A1=9.-12.*T-6.*DT
      WRITE(*, 1)DT, V1, A1
1      FORMAT(4H DT=, E10.4, 6H S V1=, F10.6, 8H M/S A1=, F10.6, 7H
      M/S**2)
      IF(DT.LT.1.0)GOTO 10
      DT=0.5
      GOTO 5
10     CONTINUE
      V=9.*T-6.*T*T
      A=9.-12.*T
      WRITE(*, '(17X,3HV=, F10.6, 8H M/S A=, F10.6, 7H M/S**2)') V, A
      END
  
```

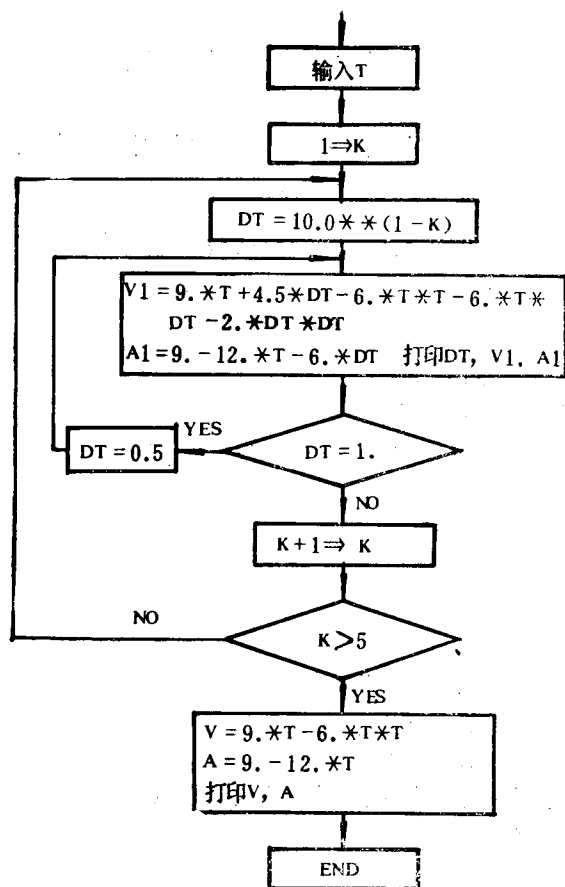


图 1.1 质点作直线运动时速度与加速度程序流程图

运行结果:

```

DT= .1000E+01 S V1= -15.500000 M/S A1= -21.000000 M/S**2
DT= .5000E+00 S V1= -10.250000 M/S A1= -18.000000 M/S**2
DT= .1000E+00 S V1= -6.770000 M/S A1= -15.600000 M/S**2
DT= .1000E-01 S V1= -6.075200 M/S A1= -15.060000 M/S**2
DT= .1000E-02 S V1= -6.007502 M/S A1= -15.006000 M/S**2
DT= .1000E-03 S V1= -6.000750 M/S A1= -15.000600 M/S**2
V= -6.000000 M/S A= -15.000000 M/S**2
  
```

(3) BASIC 程序说明及参考程序

- ① 程序流程图, 参阅图 1.1。
- ② 程序说明, 参阅 FORTRAN 程序说明。
- ③ 参考程序及运行结果。

```

10 INPUT T
20 FOR K=1 TO 5
30 DT=10/(1-K)
40 V1=9*T+4.5*DT-6*T^2-6*T*DT-2*DT^2
50 A1=9-12*T-6*DT
60 PRINT USING "DT=###.##### M/S      ",DT,
  
```

```

70 PRINT USING "V1=####.##### M/S",V1,
80 PRINT USING "A1=####.##### M/S",A1
90 IF DT<1 THEN 120
100 DT=.5
110 GOTO 40
120 NEXT K
130 V=9*T-6*T^2
140 A=9-12*T
150 PRINT USING "V=####.##### M/S",V,
160 PRINT USING "A=####.##### M/S^2",A
170 END

```

运行结果:

```

T=2
DT= 1.000000 M/S V1= -15.500000 M/S A1= -21.000000 M/S^2
DT= 0.500000 M/S V1= -10.250000 M/S A1= -18.000000 M/S^2
DT= 0.100000 M/S V1= -6.769999 M/S A1= -15.600000 M/S^2
DT= 0.010000 M/S V1= -6.075200 M/S A1= -15.060000 M/S^2
DT= 0.001000 M/S V1= -6.007503 M/S A1= -15.006000 M/S^2
DT= 0.000100 M/S V1= -6.000750 M/S A1= -15.000600 M/S^2
V= -6.000000 M/S A= -15.000000 M/S^2

```

二、运动方程问题

运动方程描述了物体的运动规律。若已知速度或加速度及初始条件，可求出运动方程，也可由运动方程求解速度、加速度、时间等。

用计算机求解运动方程问题，常见有两种情况：一是求位移(或速度)。在时间微元 Δt 非常小的条件下，位移都可视为一极小的直线段，即对微元采用直线运动的规律计算。如匀速直线或匀变速直线运动等。当所取时间间隔 Δt 越小，计算结果越接近精确值，也就是用微分元求和逼近积分值，用差分逼近微分。二是由运动方程或速度方程求时间等，这通常要解代数方程(其中很多是超越方程)。下面给出两个算例。

例 1-2 已知一物体沿 x 轴作直线运动，其速度方程为： $V=5-3t^2$ 。 $V-t$ 曲线如图 1.2 所示。求物体在第一秒内的位移值。(设 $t=0$ 时 $x_0=0$)

(1) 物理分析及数学模型

已知： $V=5-3t^2$

由

$$V = \frac{dX}{dt}$$

得到

$$X = \int_0^1 V dt \quad (1-7)$$

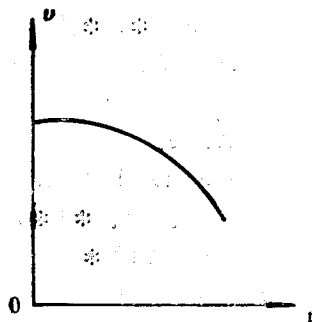


图 1.2 $V-t$ 曲线

从上述积分的几何意义知道，其积分值等于 $V-t$ 图中曲线与 x 轴(0~1 区间)所围面积。因此，将此面积分成若干个小的等宽的面积元，这些小面积元的总和就等于上述积分。在图中任取一个面元，假定它对应的速度是 V_i ，宽为 Δt ，那么该面元的面积近似等于 $V_i \Delta t$ ，面元

的总和为 $\sum V_i \Delta t$ 。

因此

$$X \approx \sum_{i=1}^N V_i \Delta t$$

式中 $\Delta t = t/N$, N 取值愈大, 计算结果愈精确。

(2) FORTRAN 程序说明及参考程序

① 程序流程图, 如图 1.3 所示。

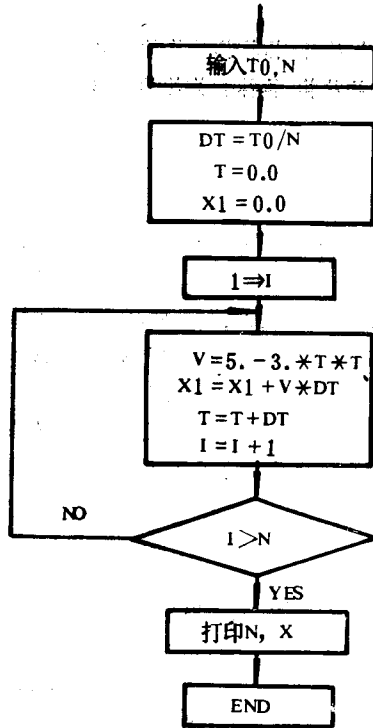


图 1.3 物体作直线运动时, 位移计算程序流程图

② 参考程序及运行结果。

```

READ(*, *) T0, N
DT = T0 / FLOAT(N)
T = 0.
X1 = 0.
DO 10 I = 1, N
  V = 5. - 3. * T * T
  X1 = X1 + V * DT
10 T = T + DT
WRITE(*, '(3H N=, I5, 3H X=, F8.4, 3H M.)') N, X1
END
  
```

运行结果:

1.0, 500

N= 500 X= 4.0030 M.

(3) BASIC 程序及参考程序

① 程序流程图, 参阅图1.3。

② 参考程序及运行结果。

```
10 INPUT T0, N
20 DT = T0/N
30 T = 0
40 X1 = 0
50 FOR I = 1 TO N
60 V = 5 - 3 * T ^ 2
70 X1 = X1 + V * DT
80 T = T + DT
90 NEXT I
100 PRINT USING " N = #####", N
110 PRINT USING " X = ##### M", X1
120 END
```

运行结果:

N = 500
X = 4.00301M

例 1-3 一物体速度方程为: $V = t + \ln(1 + t)$, 问什么时刻 $V = 1\text{m/s}$?

(1) 物理分析及数学模型

求 t , 实际是解 $t + \ln(1 + t) - 1 = 0$ 的超越方程。

首先介绍一下弦截法求根的基本思想。

求 $y = f(x)$ 在区间 $[a, b]$ 中等于零的点。设 $f(a) \cdot f(b) < 0$, 如图 1.4 所示。先作过 $f(a)$ 和 $f(b)$ 点的直线, 交 x 轴于 c 点,

$$c = b - \frac{a - b}{f(a) - f(b)} \cdot f(b)$$

从 $f(a)$ 和 $f(b)$ 中, 取与 $f(c)$ 异号的端点(设为 $f(a)$), 则令 $a_1 = a$, $b_1 = c$, 作为一个缩小的区间 $[a_1, b_1]$, 再作过 $f(a_1)$ 和 $f(b_1)$ 的直线, 交 x 轴于 c_1 点,

$$c_1 = b_1 - \frac{a_1 - b_1}{f(a_1) - f(b_1)} \cdot f(b_1)$$

从 $f(a_1)$ 和 $f(b_1)$ 中取与 $f(c_1)$ 异号的端点(设为 $f(a_1)$), 则令 $a_2 = a_1$, $b_2 = c_1$, 依次类推, 最后 c_n 愈来愈逼近方程根,

$$c_n = b_n - \frac{a_n - b_n}{f(a_n) - f(b_n)} \cdot f(b_n)$$

当迭代次数足够多时, 搜索区间愈来愈小, c_n 即可作为满足精度要求的近似根。

(2) FORTRAN 程序说明及参考程序

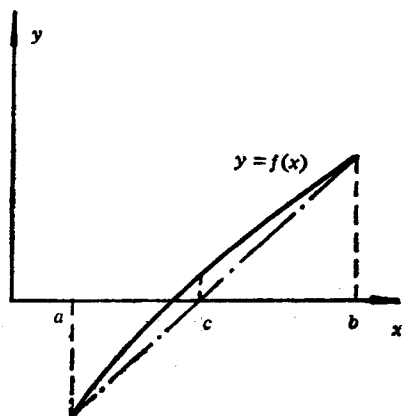


图 1.4 弦截法