


大学本科经济应用数学基础特色教材系列

经济应用数学基础（一）

微积分

（第四版）
（经济类与管理类）

周誓达 编著

 中国人民大学出版社

大学本科经济应用数学基础特色教材系列

经济应用数学基础（一）

微积分

（第四版）
（经济类与管理类）

周誓达 编著

中国人民大学出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

微积分/周哲达编著. —4 版. —北京: 中国人民大学出版社, 2018. 1
大学本科经济应用数学基础特色教材系列
ISBN 978-7-300-24788-5

I. ①微… II. ①周… III. ①微积分-高等学校-教材 IV. ①O172

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 196911 号

大学本科经济应用数学基础特色教材系列
经济应用数学基础 (一)
微积分 (第四版)
(经济类与管理类)
周哲达 编著
Weijifen

出版发行	中国人民大学出版社	邮政编码	100080
社 址	北京中关村大街 31 号		
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511770 (质管部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)
网 址	http://www.crup.com.cn		
	http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店	版 次	2005 年 5 月第 1 版
印 刷	北京溢漾印刷有限公司		2018 年 1 月第 4 版
规 格	185 mm×260 mm 16 开本	印 次	2018 年 1 月第 1 次印刷
印 张	15	定 价	35.00 元
字 数	366 000		



第四版前言

大学本科经济应用数学基础特色教材系列是为大学本科各专业编著的高等数学教材,包括《微积分》、《线性代数与线性规划》及《概率论与数理统计》.这是一套特色鲜明的教材系列,其特色是:密切结合实际工作的需要,充分注意逻辑思维的规律,突出重点,说理透彻,循序渐进,通俗易懂.

经济应用数学基础(一)《微积分》共分七章,介绍了实际工作所需要的一元微积分、二元微积分及无穷级数、一阶微分方程等,书首列有预备知识初等数学小结.本书着重讲解基本概念、基本理论及基本方法,发扬独立思考的精神,培养解决实际问题的能力与熟练运算能力.

本书本着“打好基础,够用为度”的原则,去掉了对于实际工作并不急需的某些内容与某些定理的严格证明,而用较多篇幅详细讲述那些急需的内容,讲得流畅,讲得透彻,实现“在战术上以多胜少”的策略.本书不求深、不求全,只求实用,重视在实际工作中的应用,注意与专业课接轨,体现“有所为,必须有所不为”.

本书本着“服务专业,兼顾数学体系”的原则,不盲目攀比难度,做到难易适当,深入浅出,举一反三,融会贯通,达到“跳一跳就能够着苹果”的效果.本书在内容编排上做到前后呼应,前面的内容在后面都有归宿,后面的内容在前面都有伏笔,形象直观地说明问题,适当注意知识面的拓宽,使得“讲起来好讲,学起来好学”.

质量是教材的生命,质量是特色的反映,质量不过硬,教材就站不住脚.本书在质量上坚持高标准,不但内容正确无误,而且编排科学合理,尤其在复合函数导数运算法则的讲解上,在不定积分第一换元积分法则与分部积分法则的论述上,以及在二重积分计算的处理上都有许多独到之处,便于学生理解与掌握.衡量教材质量的一项重要标准是减少以至消灭差错,本书整个书稿都经过再三验算,作者自始至终参与排版校对,实现零差错.

例题、习题是教材的窗口,集中展示了教学意图.本书对例题、习题给予高度重视,例题、习题都经过精心设计与编选,它们与概念、理论、方法的讲述完全配套,其中除计算题、证明题及经济应用题外,尚有考查基本概念与基本运算技能的填空题与单项选择题.填空题要求将正确答案直接填在空白处;单项选择题是指在四项备选答案中,只有一项备选答案是正确的,要求将正确备选答案前面的字母填在括号内.书末附有全部习题答案,便于检查学习效果.

相信读者学习本书后会大有收获,并对学习微积分产生兴趣,快乐地学习微积分,增强学习信心,提高科学素质.记得尊敬的老舍先生关于文学创作曾经说过:写什么固然重要,怎样写尤其重要.这至理名言对于编著教材同样具有指导意义.诚挚欢迎各位教师与广大读者提出宝贵意见,作者本着快乐微积分的理念,将不断改进与完善本书,坚持不懈地提高质量,突出自己的特色,更好地为教学第一线服务.

特邀华北光学仪器厂第一科研设计所葛利达同志校对书稿、验算习题答案,谨表示衷心的感谢.

本书尚有配套辅导书《微积分学习指导》,它包括各章学习要点与全部习题详细解答,引导读者在全面学习的基础上抓住重点,达到事半功倍的效果.本书教学课件与《微积分学习指导》通过中国人民大学出版社网站供各位教师免费下载使用,进行交流,请登录 <http://www.crup.com.cn/jiaoyu> 获取.

周哲达

2018年1月15日于北京

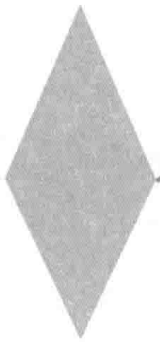


目 录

引 论 微积分思路	1
预备知识 初等数学小结	2
第一章 函数与极限	11
§ 1.1 函数的类别与基本性质	11
§ 1.2 几何与经济方面函数关系式	15
§ 1.3 极限的概念与基本运算法则	19
§ 1.4 无穷大量与无穷小量	24
§ 1.5 未定式极限	27
§ 1.6 两个重要极限	31
§ 1.7 函数的连续性	34
习题一	37
第二章 导数与微分	41
§ 2.1 导数的概念	41
§ 2.2 导数基本运算法则	47
§ 2.3 导数基本公式	49
§ 2.4 复合函数导数运算法则	54

§ 2.5	隐函数的导数	58
§ 2.6	高阶导数	61
§ 2.7	微分	64
习题二	67
第三章	导数的应用	71
§ 3.1	洛必达法则	71
§ 3.2	函数曲线的切线	75
§ 3.3	函数的单调区间与极值	78
§ 3.4	函数的最值	83
§ 3.5	函数曲线的凹向区间与拐点	86
§ 3.6	经济方面函数的边际与弹性	90
§ 3.7	几何与经济方面函数的优化	92
习题三	97
第四章	不定积分	101
§ 4.1	不定积分的概念与基本运算法则	101
§ 4.2	不定积分基本公式	106
§ 4.3	凑微分	110
§ 4.4	不定积分第一换元积分法则	112
§ 4.5	有理分式的不定积分	118
§ 4.6	不定积分第二换元积分法则	120
§ 4.7	不定积分分部积分法则	122
习题四	126
第五章	定积分	131
§ 5.1	定积分的概念与基本运算法则	131
§ 5.2	变上限定积分	134
§ 5.3	牛顿-莱不尼兹公式	138
§ 5.4	定积分换元积分法则	143
§ 5.5	定积分分部积分法则	147
§ 5.6	广义积分	149
§ 5.7	平面图形的面积	153
习题五	157
第六章	二元微积分	161
§ 6.1	二元函数的一阶偏导数	161
§ 6.2	二元函数的二阶偏导数	167

§ 6.3 二元函数的全微分	169
§ 6.4 二元函数的极值	172
§ 6.5 二次积分	175
§ 6.6 二重积分的概念与基本运算法则	178
§ 6.7 二重积分的计算	181
习题六	188
第七章 无穷级数与一阶微分方程	191
§ 7.1 无穷级数的概念与基本运算法则	191
§ 7.2 正项级数	196
§ 7.3 交错级数	199
§ 7.4 幂级数	202
§ 7.5 微分方程的概念	208
§ 7.6 一阶可分离变量微分方程	210
§ 7.7 一阶线性微分方程	214
习题七	217
习题答案	221



引 论

微积分思路

经济类与管理类高等数学是研究经济领域内数量关系与优化规律的科学,微积分是高等数学的基础.

微积分研究的对象是函数,主要是初等函数,研究的主要工具是极限.

微积分中最重要的基本概念是导数、微分、不定积分及定积分,最重要的基本运算是求导数与求不定积分.

应用微积分解决经济方面函数的数量关系与优化问题,是微积分的重要内容.

作为一元函数微积分学的延续,二元函数微分学在经济领域内有着广泛的应用.

作为微积分的发展,无穷级数是经济领域研究工作的有力数学工具.

微积分的精髓在于:在变化中考察各量之间的关系.可以说,没有变化就没有微积分.因此,必须以变化的观点学习微积分.



预备知识

初等数学小结

微积分是以初等数学作为基础的,学习微积分必须熟练掌握下列初等数学知识.

1. 区间

全体实数与数轴上的全体点一一对应,因此不严格区别数与点:实数 x 代表数轴上点 x ,数轴上点 x 也代表实数 x .

在表示数值范围时,经常采用区间记号.已知数 a 与 b ,且 $a < b$,则开区间

$$(a, b) = \{x \mid a < x < b\}$$

闭区间

$$[a, b] = \{x \mid a \leq x \leq b\}$$

半开区间

$$(a, b] = \{x \mid a < x \leq b\}$$

$$[a, b) = \{x \mid a \leq x < b\}$$

上述三类区间是有穷区间,点 a 称为左端点,点 b 称为右端点.此外还有无穷区间:

$$(-\infty, b) = \{x \mid x < b\}$$

$$(-\infty, b] = \{x \mid x \leq b\}$$

$$(a, +\infty) = \{x \mid x > a\}$$

$$[a, +\infty) = \{x \mid x \geq a\}$$

$$(-\infty, +\infty) = \{x \mid x \text{ 为实数}\}$$

2. 幂

数学表达式 a^b 称为幂,其中 a 称为底, b 称为指数.当指数取值为有理数时,相应幂的表达式表示为

$$a^n = \underbrace{a a \cdots a}_{n \text{ 个}} \quad (n \text{ 为正整数})$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n} \quad (a \neq 0, n \text{ 为正整数})$$

$$a^0 = 1 \quad (a \neq 0)$$

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m \quad (a \geq 0, m, n \text{ 为互质正整数, 且 } n > 1)$$

$$a^{-\frac{m}{n}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a^m}} = \frac{1}{(\sqrt[n]{a})^m} \quad (a > 0, m, n \text{ 为互质正整数, 且 } n > 1)$$

在等号两端皆有意义的条件下, 幂恒等关系式为

$$(1) a^{b_1} a^{b_2} = a^{b_1+b_2}$$

$$(2) \frac{a^{b_1}}{a^{b_2}} = a^{b_1-b_2}$$

$$(3) (a^{b_1})^{b_2} = a^{b_1 b_2}$$

$$(4) (a_1 a_2)^b = a_1^b a_2^b$$

$$(5) \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^b = \frac{a_1^b}{a_2^b}$$

3. 函数的概念

定义 0.1 已知变量 x 与 y , 当变量 x 任取一个属于某个非空实数集合 D 的数值时, 若变量 y 符合对应规则 f 的取值恒为唯一确定的实数值与之对应, 则称对应规则 f 表示变量 y 为 x 的函数, 记作

$$y = f(x)$$

其中变量 x 称为自变量, 自变量 x 的取值范围 D 称为函数定义域; 函数 y 也称为因变量, 函数 y 的取值范围称为函数值域, 记作 G ; 对应规则 f 也称为对应关系或函数关系.

若函数 $f(x)$ 的定义域为 D , 又区间 $I \subset D$, 则称函数 $f(x)$ 在定义域 D 或区间 I 上有定义.

考虑对应规则 $y^2 = x$, 无论变量 x 取任何正实数, 变量 y 恒有两个实数值与之对应, 因此对应规则 $y^2 = x$ 不表示变量 y 为 x 的函数, 但是可以限制变量 y 的取值范围为 $y \leq 0$ 或 $y \geq 0$, 而使得它分别代表函数 $y = -\sqrt{x}$ 与 $y = \sqrt{x}$.

函数关系的表示方法有公式法、列表法及图形法, 在应用公式法表示函数关系时, 函数表达式主要有显函数 $y = f(x)$ 与隐函数即由方程式 $F(x, y) = 0$ 确定变量 y 为 x 的函数.

定义 0.2 已知函数 $y = f(x)$, 从表达式 $y = f(x)$ 出发, 经过代数恒等变形, 将变量 x 表示为 y 的表达式, 若这个对应规则表示变量 x 为 y 的函数, 则称它为函数 $y = f(x)$ 的反函数, 记作

$$x = f^{-1}(y)$$

如果函数 $y = f(x)$ 存在反函数 $x = f^{-1}(y)$, 则函数 $x = f^{-1}(y)$ 也存在反函数 $y = f(x)$, 因此函数 $y = f(x)$ 与 $x = f^{-1}(y)$ 互为反函数.

定义 0.3 已知函数 $y = f(u)$ 的定义域为 U_1 , 函数 $u = u(x)$ 的值域为 U_2 , 若交集 $U_1 \cap U_2$ 非空集, 则称变量 y 为 x 的复合函数, 记作

$$y = f(u(x))$$

其中变量 x 称为自变量, 变量 u 称为中间变量, 复合函数 y 也称为因变量.

只有一个自变量的函数称为一元函数, 有两个自变量的函数称为二元函数.

4. 函数定义域与函数值

对于并未说明实际背景的函数表达式, 若没有指明自变量的取值范围, 则求函数定义域的基本情况只有四种:

- (1) 对于分式 $\frac{1}{P(x)}$, 要求 $P(x) \neq 0$;
- (2) 对于偶次根式 $\sqrt[n]{Q(x)}$ (n 为正整数), 要求 $Q(x) \geq 0$;
- (3) 对于对数式 $\log_a R(x)$ ($a > 0, a \neq 1$), 要求 $R(x) > 0$;
- (4) 对于反正弦式 $\arcsin S(x)$ 与反余弦式 $\arccos S(x)$, 要求 $-1 \leq S(x) \leq 1$.

求函数定义域的方法是: 观察所给函数表达式是否含上述四种基本情况. 如果函数表达式含上述四种基本情况中的一种或多种, 则解相应的不等式或不等式组, 得到函数定义域; 如果函数表达式不含上述四种基本情况中的任何一种, 则说明对自变量取值没有任何限制, 所以函数定义域为全体实数, 即 $D = (-\infty, +\infty)$.

已知函数 $y = f(x)$, 当自变量 x 取一个属于定义域 D 的具体数值 x_0 时, 它对应的函数 y 值称为函数 $y = f(x)$ 在点 $x = x_0$ 处的函数值, 记作 $y \Big|_{x=x_0}$ 或 $f(x_0)$, 意味着在函数 $y = f(x)$ 的表达式中, 自变量 x 用数 x_0 代入所得到的数值就是函数值 $y \Big|_{x=x_0}$ 即 $f(x_0)$.

有时为了简化函数记号, 函数关系也可以记作 $y = y(x)$, 其中等号左端的记号 y 表示函数值, 等号右端的记号 y 表示对应规则.

在平面直角坐标系中, 一元函数的图形通常是一条平面曲线, 称为函数曲线.

5. 幂函数

在幂的表达式中, 若底为变量 x , 而指数为常数 α , 则称函数 $y = x^\alpha$ 为幂函数. 当然有

$$\frac{1}{x} = x^{-1}$$

$$\frac{1}{x^2} = x^{-2}$$

$$\frac{1}{x^{10}} = x^{-10}$$

$$\sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$$

$$\sqrt{x^3} = x^{\frac{3}{2}}$$

$$\sqrt[3]{x} = x^{\frac{1}{3}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{x}} = x^{-\frac{1}{2}}$$

幂函数 $y = x, y = x^2, y = \frac{1}{x}$ 及 $y = \sqrt{x}$ 的图形如图 0-1.

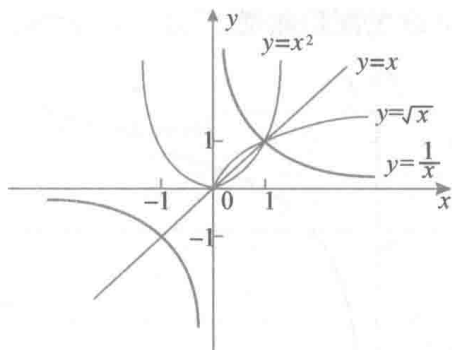


图 0-1

6. 指数函数

在幂的表达式中,若底为常数 $a(a > 0, a \neq 1)$,而指数为变量 x ,则称函数 $y = a^x$ 为指数函数.

指数函数 $y = a^x (a > 1)$ 的图形如图 0-2.

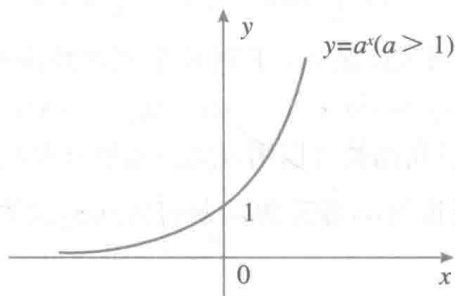


图 0-2

7. 对数函数

若 $a^y = x (a > 0, a \neq 1)$,则将 y 表示为 $\log_a x$,称函数 $y = \log_a x$ 为对数函数,其中 a 称为底, x 称为真数, y 称为对数.指数式 $a^y = x$ 与对数式 $\log_a x = y$ 是表示 a, x, y 三者同一关系的不同表示方法,这两种形式可以互相转化.以 10 为底的对数称为常用对数,变量 x 的常用对数记作 $\lg x$,即 $\lg x = \log_{10} x$.

根据对数函数与指数函数的关系,再根据反函数的定义,可知对数函数 $y = \log_a x$ 的反函数为指数函数 $x = a^y (a > 0, a \neq 1)$.

特殊的对数函数值为真数取值等于 1 或底时的对数值,即

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a a = 1$$

在等号两端皆有意义的条件下,对数恒等关系式为

$$(1) \log_a x_1 x_2 = \log_a x_1 + \log_a x_2$$

$$(2) \log_a \frac{x_1}{x_2} = \log_a x_1 - \log_a x_2$$

$$(3) \log_a x^a = a \log_a x$$

对数函数 $y = \log_a x (a > 1)$ 的图形如图 0-3.

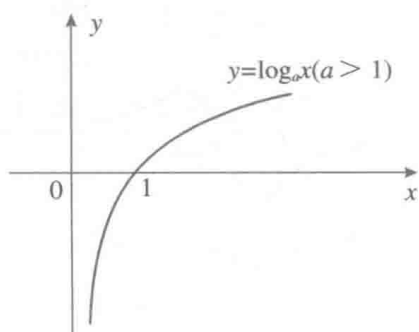


图 0-3

8. 三角函数

以弧度作为度量角的单位时,“弧度”二字经常省略不写,弧度与度的换算关系为: π 弧度 $= 180^\circ$,从而得到: 0 弧度 $= 0^\circ$, $\frac{\pi}{6}$ 弧度 $= 30^\circ$, $\frac{\pi}{4}$ 弧度 $= 45^\circ$, $\frac{\pi}{3}$ 弧度 $= 60^\circ$, $\frac{\pi}{2}$ 弧度 $= 90^\circ$. 角 x 的正弦、余弦、正切、余切、正割及余割函数统称为三角函数,分别表示为 $y = \sin x$, $y = \cos x$, $y = \tan x$, $y = \cot x$, $y = \sec x$ 及 $y = \csc x$.

特别当角 x 为锐角时,其三角函数可以用直角三角形有关两条边的比值表示,如图 0-4,在 $\text{Rt}\triangle ABC$ 中,设锐角 x 的对边为 a ,邻边为 b ,斜边为 c ,当然斜边 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$,则有

$$\sin x = \frac{\text{对边}}{\text{斜边}} = \frac{a}{c}$$

$$\cos x = \frac{\text{邻边}}{\text{斜边}} = \frac{b}{c}$$

$$\tan x = \frac{\text{对边}}{\text{邻边}} = \frac{a}{b}$$

$$\cot x = \frac{\text{邻边}}{\text{对边}} = \frac{b}{a}$$

$$\sec x = \frac{\text{斜边}}{\text{邻边}} = \frac{c}{b}$$

$$\csc x = \frac{\text{斜边}}{\text{对边}} = \frac{c}{a}$$

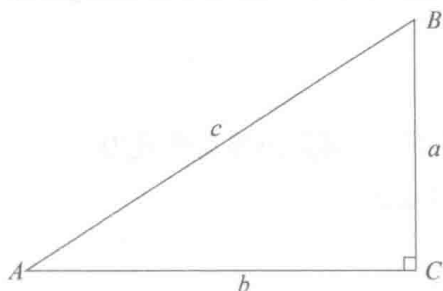


图 0-4

特殊角的正弦函数值、余弦函数值及正切函数值列表如表 0-1:

表 0-1

x	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	2π
$\sin x$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	0
$\cos x$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	1
$\tan x$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	不存在	0	0

在等号两端皆有意义的条件下,同角三角函数恒等关系式主要有

$$(1) \tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$$

$$(2) \cot x = \frac{\cos x}{\sin x}$$

$$(3) \tan x \cot x = 1$$

$$(4) \sec x = \frac{1}{\cos x}$$

$$(5) \csc x = \frac{1}{\sin x}$$

$$(6) \sin^2 x + \cos^2 x = 1$$

$$(7) 1 + \tan^2 x = \sec^2 x$$

$$(8) 1 + \cot^2 x = \csc^2 x$$

异角三角函数恒等关系式中有

$$(1) \sin(-x) = -\sin x$$

$$(2) \cos(-x) = \cos x$$

正弦函数 $y = \sin x$ 的图形如图 0-5.

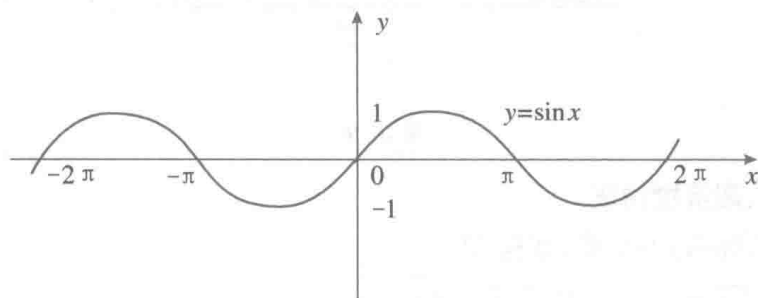


图 0-5

9. 反三角函数

若 $\sin y = x \left(-\frac{\pi}{2} \leq y \leq \frac{\pi}{2} \right)$, 则将 y 表示为 $\arcsin x$, 称函数 $y = \arcsin x$ 为反正弦函数;

若 $\cos y = x (0 \leq y \leq \pi)$, 则将 y 表示为 $\arccos x$, 称函数 $y = \arccos x$ 为反余弦函数;

若 $\tan y = x (-\frac{\pi}{2} < y < \frac{\pi}{2})$, 则将 y 表示为 $\arctan x$, 称函数 $y = \arctan x$ 为反正切函数;

若 $\cot y = x (0 < y < \pi)$, 则将 y 表示为 $\operatorname{arccot} x$, 称函数 $y = \operatorname{arccot} x$ 为反余切函数.

上述函数统称为反三角函数.

根据反三角函数与三角函数的关系, 再根据反函数的定义, 可知反正弦函数 $y = \arcsin x$ 的反函数为正弦函数 $x = \sin y (-\frac{\pi}{2} \leq y \leq \frac{\pi}{2})$, 反正切函数 $y = \arctan x$ 的反函数为正切函数 $x = \tan y (-\frac{\pi}{2} < y < \frac{\pi}{2})$.

特殊的反正弦函数值与反正切函数值列表如表 0-2:

表 0-2

x	0	$\frac{1}{2}$	1	$\sqrt{3}$
$\arcsin x$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{2}$	无意义
$\arctan x$	0		$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$

反正切函数 $y = \arctan x$ 的图形如图 0-6.

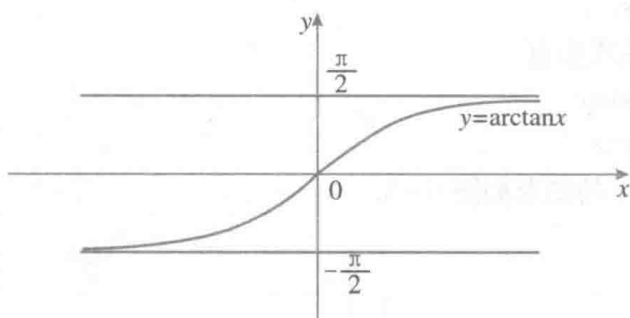


图 0-6

10. 平面直线、圆及抛物线

在平面直角坐标系 Oxy 中, 方程式

$$ax + by + c = 0 \quad (a, b \text{ 不同时为 } 0)$$

代表直线. 特别地, 方程式 $y = y_0 (y_0 \neq 0)$ 代表经过点 $(0, y_0)$ 且平行于 x 轴的直线, 方程式 $y = 0$ 代表 x 轴; 方程式 $x = x_0 (x_0 \neq 0)$ 代表经过点 $(x_0, 0)$ 且平行于 y 轴即垂直于 x 轴的直线, 方程式 $x = 0$ 代表 y 轴. 经过点 $M_0(x_0, y_0)$ 且斜率为 k 的直线方程的点斜式为

$$y - y_0 = k(x - x_0)$$

存在斜率的两条直线平行意味着斜率相等.

在平面直角坐标系 Oxy 中, 方程式

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (r > 0)$$

代表圆心在原点、半径为 r 的圆. 特别地, 方程式 $y = -\sqrt{r^2 - x^2}$ 代表下半圆, 方程式 $y = \sqrt{r^2 - x^2}$ 代表上半圆.

在平面直角坐标系 Oxy 中, 方程式

$$y = ax^2 \quad (a \neq 0)$$

代表顶点在原点、对称于 y 轴的抛物线. 若系数 $a < 0$, 则开口向下; 若系数 $a > 0$, 则开口向上.

11. 其他

(1) 完全平方与立方

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$(a - b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

(2) 因式分解

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

$$a^3 + b^3 = (a + b)(a^2 - ab + b^2)$$

$$a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$x^2 + (m + n)x + mn = (x + m)(x + n)$$

(3) 有理化因式

无理式 $\sqrt{a} - \sqrt{b}$ 与 $\sqrt{a} + \sqrt{b}$ 互为有理化因式, 有

$$(\sqrt{a} - \sqrt{b})(\sqrt{a} + \sqrt{b}) = a - b$$

(4) 阶乘

前 n 个正整数的连乘积称为 n 的阶乘, 记作

$$n! = n(n-1)\cdots 1 \quad (n \text{ 为正整数})$$

并规定 $0! = 1$.

(5) 绝对值

实数 x 的绝对值

$$|x| = \begin{cases} -x, & x < 0 \\ x, & x \geq 0 \end{cases}$$

对于任何实数 x 都有关系式 $\sqrt{x^2} = |x|$. 当然, 当 $x \geq 0$ 时, 才有关系式 $\sqrt{x^2} = x$.

(6) 一元二次方程式

一元二次方程式 $(x - x_1)(x - x_2) = 0$ 的根为 $x = x_1, x = x_2$.

(7) 一元二次不等式

一元二次不等式 $(x - x_1)(x - x_2) \geq 0 (x_1 < x_2)$ 的解为 $x \leq x_1$ 或 $x \geq x_2$;

一元二次不等式 $(x - x_1)(x - x_2) \leq 0 (x_1 < x_2)$ 的解为 $x_1 \leq x \leq x_2$.