



新世纪大学公共数学系列教材

高等数学

GAODENG SHUXUE

鲁春香 曲文英 主编

河南大学出版社

开封

GAODENG SHUXUE
高等数学

鲁春香 曲文英 主编

河南大学出版社

• 开封 •

图书在版编目(CIP)数据

高等数学/鲁春香,曲文英主编. —开封:河南大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-5649-0050-2

I. 高… II. ①鲁… ②曲… III. 高等数学—高等学校—教材 IV. 013

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 153753 号

责任编辑 梁宏伟

责任校对 梁宏伟

封面设计 张 松

出 版 河南大学出版社

地址:河南省开封市明伦街 85 号

邮编:475001

电话:0378-2825001(营销部)

网址:www.hupress.com

排 版 郑州市今日文教印制有限公司

印 刷 河南郑印印务有限公司

版 次 2009 年 9 月第 1 版

印 次 2009 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20.5

字 数 449 千字

印 数 1—3000 册

定 价 36.00 元

(本书如有印装质量问题,请与河南大学出版社营销部联系调换)

内容提要

本书以教育部最新颁发的《高职高专高等数学教学基本要求》为依据,充分考虑高职高专院校“高等数学”的特点,由长期在第一线从事高职高专“高等数学”教学的教师,结合自己多年来在教学实践中的经验编写而成。

本书结构严谨,叙述较为详细,语言力求准确,文字通俗易懂,既突出了数学方法的介绍,又不失数学理论的系统性和科学性。全书共分 11 章,包括一元函数微积分、微分方程、向量代数与空间解析几何、多元函数微积分学、无穷级数、线性代数基础等内容。对于书中带“*”号的内容,可根据不同的专业需求及教学时数进行适当地取舍。

本书适合工科、财经类高职院校各专业使用,也可供各类高职高专院校根据专业需求自行选用。

前 言

本书是新世纪高职高专规划教材,是根据教育部最新颁发的《高职高专高等数学教学基本要求》,在广泛调查研究的基础上,结合高职高专教育改革的新形势,以及编者多年的教学经验和高职高专教改成果编写而成的。

在本书编写过程中,贯彻以学生为本的思想。针对学生基础状况及未来发展需要,注重教材的基础性,着重讲清基本概念、基本思想、基本方法,使学生能够掌握基本概念、形成基本数学思想、会用基本方法、解决基本数学问题。而且能进行知识的迁移,把数学方法和数学思想应用于其他领域,达到解决实际问题的目的。

本书有三大特点:一是以应用为目的,重视几何意义及实际应用,有利于培养学生的数学应用意识和能力;二是内容阐述简明扼要,同时注重渗透数学思想方法,便于教师讲授和学生自学;三是章、节题例设计实用,每节有思考题和习题;每章有知识要点、复习题、自测题,方便教与学。对于书中带“*”号的内容,可根据不同的专业需求及教学时数进行适当地取舍。

本书配备的各类题型都是精心设计的,有掌握基本知识和方法的习题,每章结束还设计了复习题和自测题。复习题的目的是为了强化全章知识,综合使用所学知识,达到能力提升的目的。自测题重在覆盖面,这样有助于检验学生对本章内容的掌握情况,发现知识的缺陷,从而为完成全部课程的学习奠定基础。在各类型题中均设计了一定量的贴近生活贴近实际的应用题,以增强学生对数学学习的兴趣及应用意识。

本书结构严谨,叙述较为详细,语言力求准确,文字通俗易懂,既突出了数学方法的介绍,又不失数学理论的系统性和科学性。本书适合工科、财经类高职院校各专业使用,也可供各类高职高专院校根据专业需求自行选用。

本教材主编:鲁春香、曲文英。副主编:郭卫华、杨萍。各位编者具体工作如下:黑龙江七台河职业学院鲁春香(第1,3章及附录I),黑龙江信息技术职业学院曲文英(第5,7章及附录II),郑州轻工业学院杨萍(第2,4,6,8章),郭卫华(第9,10,11章)。黑龙江信息技术职业学院魏全红老师认真审阅了书稿,并提出了许多宝贵的改进意见和建议,在此我们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,水平有限,不足之处在所难免,殷切希望读者提出宝贵意见,以便改进和修正。

编 者

2008年12月

目 录

第 1 章	函数、极限与连续	(1)
§ 1.1	函数	(1)
	函数	(1)
	复合函数	(5)
	初等函数	(6)
	习题 1.1	(6)
§ 1.2	函数的极限	(7)
	自变量的变化趋势	(7)
	函数极限的定义	(8)
	无穷小与无穷大	(10)
	无穷小的比较	(12)
	习题 1.2	(12)
§ 1.3	极限的运算	(13)
	极限的运算法则	(13)
	两个重要极限	(15)
	习题 1.3	(17)
§ 1.4	函数的连续性	(18)
	函数连续性的定义	(18)
	间断点及其分类	(19)
	连续函数的运算	(21)
	闭区间上连续函数的性质	(22)
	习题 1.4	(23)
	复习题 1	(24)
	自测题 1	(26)
第 2 章	导数与微分	(28)
§ 2.1	导数的概念	(28)
	引例	(28)
	导数的定义	(29)
	导数的几何意义	(32)

可导与连续的关系	(33)
习题 2.1	(34)
§ 2.2 函数的求导法则	(35)
和、差、积、商的求导法则	(35)
复合函数的求导法则	(37)
反函数的求导法则	(38)
习题 2.2	(39)
§ 2.3 高阶导数	(41)
习题 2.3	(42)
§ 2.4 隐函数及参数方程的导数	(43)
隐函数的导数	(43)
由参数方程确定的函数的导数	(45)
习题 2.4	(46)
§ 2.5 函数的微分	(47)
微分的定义	(47)
微分公式与法则	(49)
微分在近似计算上的应用	(51)
习题 2.5	(52)
复习题 2	(53)
自测题 2	(56)
第 3 章 导数的应用	(58)
§ 3.1 中值定理与洛必达法则	(58)
拉格朗日中值定理	(58)
洛必达法则	(59)
习题 3.1	(61)
§ 3.2 函数的单调性与曲线的凹凸性	(62)
函数的单调性	(62)
曲线的凹凸性与拐点	(64)
曲线的渐近线	(65)
习题 3.2	(66)
§ 3.3 函数的极值与最值	(66)
函数的极值	(66)
函数的最值	(68)
习题 3.3	(69)
§ 3.4 导数在实际中的应用	(70)
函数图形的描绘	(70)
导数在经济中的应用	(71)

习题 3.4	(73)
复习题 3	(73)
自测题 3	(74)
第 4 章 不定积分	(77)
§ 4.1 不定积分的概念和性质	(77)
原函数与不定积分的概念	(77)
基本积分公式	(79)
不定积分的性质	(79)
习题 4.1	(81)
§ 4.2 不定积分的换元法	(82)
第一换元法	(82)
第二换元法	(85)
习题 4.2	(87)
§ 4.3 不定积分的分部积分法	(88)
习题 4.3	(89)
复习题 4	(90)
自测题 4	(91)
第 5 章 定积分及其应用	(93)
§ 5.1 定积分的概念与性质	(93)
引例	(93)
定积分的定义	(95)
定积分的几何意义	(95)
定积分的性质	(96)
习题 5.1	(97)
§ 5.2 微积分基本公式	(98)
积分上限函数	(98)
牛顿—莱布尼兹公式	(99)
习题 5.2	(100)
§ 5.3 定积分的换元法和分部积分法	(101)
定积分的换元法	(101)
定积分的分部积分法	(103)
习题 5.3	(103)
§ 5.4 广义积分	(104)
无穷区间上的广义积分	(104)
无界函数的广义积分	(106)
习题 5.4	(107)

§ 5.5	定积分的应用	(108)
	微元法	(108)
	几何应用	(108)
	物理应用	(111)
	经济应用	(113)
	习题 5.5	(114)
	复习题 5	(114)
	自测题 5	(116)
第 6 章	常微分方程	(119)
§ 6.1	微分方程的基本概念	(119)
	习题 6.1	(120)
§ 6.2	一阶微分方程	(121)
	可分离变量的微分方程	(121)
	一阶线性微分方程	(124)
	习题 6.2	(126)
§ 6.3	可降阶的高阶微分方程	(127)
	$y^{(n)} = f(x)$ 型的微分方程	(127)
	$y'' = f(x, y')$ 型的微分方程	(128)
	$y'' = f(y, y')$ 型的微分方程	(128)
	习题 6.3	(129)
§ 6.4	二阶常系数线性微分方程	(129)
	二阶常系数线性微分方程通解的结构	(130)
	二阶常系数线性齐次微分方程的解法	(130)
	二阶常系数线性非齐次微分方程的解法	(132)
	习题 6.4	(134)
	复习题 6	(135)
	自测题 6	(135)
第 7 章	向量代数与空间解析几何	(137)
§ 7.1	空间直角坐标系	(137)
	基本概念	(137)
	空间中点的坐标	(138)
	空间中两点间的距离	(138)
	习题 7.1	(139)
§ 7.2	向量及其运算	(139)
	向量的基本概念	(139)
	向量的加减与数乘运算	(140)

	向量的坐标表示	(141)
	向量的数量积	(142)
	向量的向量积	(143)
	习题 7.2	(144)
§ 7.3	平面方程及其应用	(144)
	平面的点法式方程	(144)
	平面的一般式方程	(145)
	平面与平面的位置关系	(146)
	点到平面的距离公式	(146)
	习题 7.3	(146)
§ 7.4	空间直线方程及其应用	(147)
	直线的点向式方程及参数方程	(147)
	直线的一般式方程	(148)
	直线与直线的位置关系	(148)
	直线与平面的位置关系	(149)
	习题 7.4	(149)
§ 7.5	曲面	(149)
	曲面及其方程	(149)
	柱面	(150)
	旋转曲面	(151)
	习题 7.5	(152)
	复习题 7	(152)
	自测题 7	(154)
第 8 章	多元函数微分学	(157)
§ 8.1	多元函数的极限与连续	(157)
	多元函数的概念	(157)
	多元函数的极限	(159)
	多元函数的连续性	(160)
	习题 8.1	(161)
§ 8.2	偏导数与全微分	(161)
	偏导数	(161)
	全微分	(164)
	习题 8.2	(166)
§ 8.3	多元函数微分法	(167)
	多元复合函数微分法	(167)
	隐函数求导公式	(168)
	习题 8.3	(169)

§ 8.4	偏导数的应用	(170)
	偏导数的几何应用	(170)
	二元函数的极值	(171)
	习题 8.4	(174)
	复习题 8	(175)
	自测题 8	(177)
第 9 章	多元函数积分学	(179)
§ 9.1	二重积分的概念和性质	(179)
	二重积分的概念	(179)
	二重积分的性质	(180)
	习题 9.1	(181)
§ 9.2	二重积分的计算	(182)
	直角坐标系下二重积分的计算	(182)
	极坐标系下二重积分的计算	(184)
	习题 9.2	(186)
§ 9.3	二重积分的应用	(188)
	几何应用	(188)
	物理应用	(189)
	习题 9.3	(191)
	复习题 9	(191)
	自测题 9	(193)
第 10 章	无穷级数	(196)
§ 10.1	常数项级数的概念和性质	(196)
	级数的概念	(196)
	级数的收敛与发散	(197)
	级数收敛的必要条件	(198)
	无穷级数的基本性质	(199)
	习题 10.1	(199)
§ 10.2	常数项级数的审敛法	(200)
	正项级数及其审敛法	(200)
	交错级数及其审敛法	(203)
	绝对收敛与条件收敛	(203)
	习题 10.2	(204)
§ 10.3	幂级数	(205)
	幂级数的基本概念	(205)
	收敛半径与收敛域	(206)

幂级数和函数的性质	(208)
函数展开成幂级数	(209)
习题 10.3	(213)
*§ 10.4 傅里叶级数	(214)
三角级数和三角函数系的正交性	(214)
周期为 2π 的函数展开为傅里叶级数	(215)
奇函数和偶函数的傅里叶级数	(219)
周期为 $2l$ 的函数展开为傅里叶级数	(223)
习题 10.4	(225)
复习题 10	(226)
自测题 10	(228)
第 11 章 线性代数基础	(230)
§ 11.1 行列式	(230)
二阶与三阶行列式	(230)
n 阶行列式	(232)
行列式的性质及计算	(234)
克莱姆法则	(236)
习题 11.1	(238)
§ 11.2 矩阵	(238)
矩阵的概念	(238)
矩阵的运算	(241)
逆矩阵	(246)
矩阵的秩	(249)
习题 11.2	(251)
§ 11.3 线性方程组	(252)
消元法	(252)
初等变换法	(253)
方程组的有解条件	(255)
习题 11.3	(259)
复习题 11	(260)
自测题 11	(261)
附录 I 简明积分表	(264)
附录 II 初等数学常用公式	(270)
参考文献	(277)
习题参考答案	(278)

第 1 章 函数、极限与连续

初等数学中研究的对象多数是不变的量,而在高等数学中,研究的对象是变化的量.所谓函数关系就是变量之间的依赖关系,极限概念和连续概念是高等数学中两个极其重要的概念,对整个高等数学内容的学习具有奠基性.极限思想是利用有限描述无限、由近似过渡到精确的一种工具和过程,是高等数学的中心思想.所以本章的内容在全书中具有基础性地位和作用.

§ 1.1 函 数

1.1.1 函数

1. 邻域

我们在高中已经学习过数集及区间的概念,下面给出高等数学中常用的邻域的概念.

给定实数 a ,以点 a 为中心的任何开区间称为点 a 的邻域,记作 $U(a)$.

设 δ 是任一正数,则开区间 $(a-\delta, a+\delta)$ 称为点 a 的 δ 邻域,记作 $U(a, \delta)$,即

$$U(a, \delta) = \{x | a - \delta < x < a + \delta\}.$$

点 a 称为邻域的中心, δ 称为邻域的半径. 如图 1-1 所示.

由于 $a - \delta < x < a + \delta$ 可写作 $|x - a| < \delta$,

所以

$$U(a, \delta) = \{x | |x - a| < \delta\},$$

表示与点 a 距离小于 δ 的一切点 x 的全体.

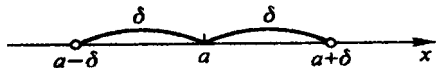


图 1-1

有时会用到点 a 的 δ 邻域中把中心 a 去掉,此时称为点 a 的去心 δ 邻域,记作 $\overset{\circ}{U}(a, \delta)$,

即

$$\overset{\circ}{U} = \{x | 0 < |x - a| < \delta\},$$

其中, $0 < |x - a|$ 表示 $x \neq a$.

2. 函数概念

定义 1.1 设 x, y 是两个变量, D 是给定的数集, 若对于 x 在 D 内每取一个数值, 变量 y 按照一定的对应法则 f , 总有唯一确定的数值与 x 对应, 则称 y 是 x 的函数, 记作 $y=f(x)$. 其中, 数集 D 为函数 $f(x)$ 的定义域, 记作 D_f , x 为自变量, y 为因变量.

当 x 在 D_f 内取定某个数值 x_0 时, 对应的 y 取到的数值 y_0 称为函数 $y=f(x)$ 在 x_0 处的函数值, 函数值的全体称为函数的值域, 记作 R_f .

如果两个函数的定义域相同, 对应法则也相同, 那么这两个函数就是相同的函数; 如果两个函数的定义域和对应法则中有一项不相同, 那么这两个函数就是不同的函数. 所以, 确定函数的两个要素(定义域和对应法则)是判断两个函数是否相同的依据.

研究任何函数都要先考虑其定义域, 那么在求函数的定义域时, 要考虑以下情况:

- (1) 分式的分母不能为零;
- (2) 偶次开方时, 被开方部分非负;
- (3) 指数函数和对数函数中, 底数大于零且不等于 1, 对数函数的真数大于零;
- (4) 含反三角函数 $\arcsin x$ 或 $\arccos x$ 时, 要满足 $|x| \leq 1$;
- (5) 若函数同时含有以上几种情况, 则要取其交集.

在函数定义中, 对于每个 $x \in D_f$, 按照对应法则 f , 对应的函数值 y 总是唯一的, 这样定义的函数称为单值函数; 如果对于每个 $x \in D_f$, 按照对应法则 f , 总有确定的函数值 y 与之对应, 但这个值不是唯一的, 这样定义的函数称为多值函数. 例如 $y^2=x$, 当 x 任取一个正数时, 对应的 y 值有两个, 所以这个函数是一个多值函数. 对于多值函数加上限定条件就可以转化为单值函数. 如上述函数加上 $y \geq 0$ (或 $y \leq 0$), 就可以转化为单值函数了. 本课程中所讨论的函数除非特别说明, 均指的是单值函数.

函数的表示法有三种: 表格法、图形法、解析法(公式法).

例 1 求下列函数的定义域.

$$(1) f(x) = \frac{1}{\ln(x-2)} + \sqrt{5-x}; \quad (2) y = \arcsin \frac{x-1}{2} + \lg \frac{x^2+2x}{3}.$$

解 (1) 对函数的第一项, 要求 $x-2 > 0$, 且 $\ln(x-2) \neq 0$, 即 $x > 2$, 且 $x \neq 3$; 对函数的第二项, 要求 $5-x \geq 0$, 即 $x \leq 5$. 取公共部分, 得函数定义域为 $(2, 3) \cup (3, 5]$.

(2) 由题意得

$$\begin{cases} \left| \frac{x-1}{2} \right| \leq 1, \\ x^2 + 2x > 0, \end{cases}$$

即

$$\begin{cases} -1 \leq x \leq 3, \\ x > 0 \text{ 或 } x < -2. \end{cases}$$

所以所求函数的定义域为 $(0, 3]$.

例 2 求绝对值函数

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

的定义域、值域,并画出图象.

解 定义域为 $(-\infty, +\infty)$,值域为 $[0, +\infty)$,如图 1-2 所示.

例 3 求符号函数

$$y = \operatorname{sgn} x = \begin{cases} 1, & x > 0, \\ 0, & x = 0, \\ -1, & x < 0 \end{cases}$$

的定义域、值域,并画出图象.

解 定义域为 $(-\infty, +\infty)$,值域为 $\{-1, 0, 1\}$,如图 1-3 所示.

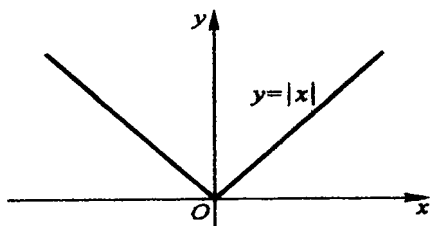


图 1-2

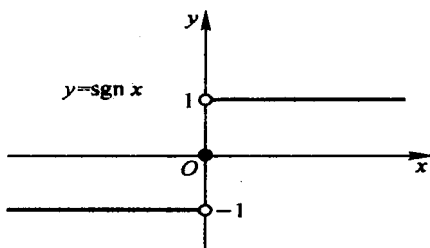


图 1-3

像例 2 和例 3 这两个函数,在定义域的不同范围内,不是用一个式子来表示,而是用两个或两个以上的式子合起来表示,这样的函数称为分段函数.

3. 函数的特性

(1) 函数的单调性

设函数 $f(x)$ 的定义域为 D_f , 区间 $I \subseteq D_f$, 如果对于区间 I 上任意两点 x_1 及 x_2 , 当 $x_1 < x_2$ 时, 恒有

$$f(x_1) < f(x_2) \text{ 或 } f(x_1) > f(x_2),$$

则称 $f(x)$ 在区间 I 上是单调增加或单调减少的.

单调增加和单调减少的函数统称为单调函数.

单调增函数的图象中 x 与 y 同增同减, 单调减函数的图象中 x 与 y 增减相反.

(2) 函数的奇偶性

设函数 $f(x)$ 的定义域 D_f 关于原点对称, 如果对于任意一个 $x \in D_f$, 恒有

$$f(-x) = -f(x)$$

成立, 则称函数 $f(x)$ 为奇函数; 如果对于任意一个 $x \in D_f$, 恒有

$$f(-x) = f(x)$$

成立,则称函数 $f(x)$ 为偶函数.

奇函数的图象关于原点对称,偶函数的图象关于 y 轴对称.

(3) 函数的有界性

设函数 $f(x)$ 的定义域为 D_f , 区间 $I \subseteq D_f$, 如果存在正数 M , 使得对于任意一个 $x \in I$, 恒有

$$|f(x)| \leq M$$

成立,则称函数 $f(x)$ 在区间 I 上有界;如果这样的正数 M 不存在,则称 $f(x)$ 在区间 I 上无界. 也就是说,对于任何正数 M ,总存在 $x_1 \in I$, 使 $|f(x_1)| > M$ 成立,那么函数 $f(x)$ 在区间 I 上无界.

在所讨论的区间上,有界函数的图象一定夹在平行于 x 轴的两条直线之间.

(4) 函数的周期性

设函数 $f(x)$ 的定义域为 D_f , 如果存在一个正数 l , 使得对于任意一个 $x \in D_f$, 有 $(x \pm l) \in D_f$, 且

$$f(x+l) = f(x)$$

恒成立,则称函数 $f(x)$ 为周期函数, l 称为函数 $f(x)$ 的周期,使上式成立的最小正数叫最小正周期,通常我们所说的周期指的是最小正周期.

周期函数的图象,每隔周期的整数倍重复出现.

正弦函数、余弦函数是同时具有上述四条性质的函数.

4. 反函数

定义 1.2 设函数 $y=f(x)$ 的定义域为 D_f , 值域为 R_f . 如果对于任意的 $y \in R_f$, 总有唯一确定的 $x \in D_f$ 通过 $y=f(x)$ 与 y 对应,这时得到以 y 为自变量, x 为因变量的新函数,称这个函数为 $y=f(x)$ 的反函数,记作 $x=f^{-1}(y)$, 并称 $y=f(x)$ 为直接函数.

习惯上, $y=f(x)$ 的反函数记为 $y=f^{-1}(x)$, 且其定义域为 R_f , 值域为 D_f .

反函数 $y=f^{-1}(x)$ 与直接函数 $y=f(x)$ 的图象关于直线 $y=x$ 对称.

例 4 判断下列函数的奇偶性:

(1) $f(x) = (2^x + 2^{-x}) \ln(x + \sqrt{1+x^2})$;

(2) $f(x) = x + \cos x$;

(3) $f(x) = x^2 e^{-|\sin x|}$.

解 (1) 因为

$$\begin{aligned} f(-x) &= (2^x + 2^{-x}) \ln(-x + \sqrt{1+x^2}) \\ &= (2^x + 2^{-x}) \ln \frac{(-x + \sqrt{1+x^2})(x + \sqrt{1+x^2})}{x + \sqrt{1+x^2}} \\ &= (2^x + 2^{-x}) \ln \frac{1}{x + \sqrt{1+x^2}} = (2^x + 2^{-x}) \ln(x + \sqrt{1+x^2})^{-1} \end{aligned}$$

$$= -(2^x + 2^{-x}) \ln(x + \sqrt{1+x^2}) = -f(x),$$

所以, $f(x) = (2^x + 2^{-x}) \ln(x + \sqrt{1+x^2})$ 为奇函数.

(2) 因为 $f(-x) = -x + \cos x$, 所以, $f(x) = x + \cos x$ 为非奇非偶函数.

(3) 因为 $f(-x) = f(x)$, 所以, $f(x) = x^2 e^{-|\sin x|}$ 为偶函数.

例 5 求函数 $y = \frac{1}{e^x - 1}$ 的反函数.

解 由原式变形得

$$e^x = \frac{y+1}{y},$$

即 $x = \ln \frac{y+1}{y}$, 互换 x 与 y , 得 $y = \frac{1}{e^x - 1}$ 的反函数为 $y = \ln \frac{x+1}{x}$.

1.1.2 复合函数

1. 基本初等函数

下列六类函数统称为基本初等函数(也说成是简单函数):

- (1) 常数: $y = C$ (C 为常数);
- (2) 幂函数: $y = x^a$ (a 为任何实数);
- (3) 指数函数: $y = a^x$ ($a > 0, a \neq 1$);
- (4) 对数函数: $y = \log_a x$ ($a > 0, a \neq 1$);
- (5) 三角函数: $y = \sin x, y = \cos x, y = \tan x$;
- (6) 反三角函数: $y = \arcsin x, y = \arccos x, y = \arctan x$.

此外, 还有多项式函数 $y = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \cdots + a_{n-1} x + a_n$ (其中 $a_0, a_1, \cdots, a_n$ 是不全为 0 的常数), 在下面复合函数的合成与分解时, 可当作基本初等函数来对待.

2. 复合函数

定义 1.3 设函数 $y = f(u)$ 的定义域为 D_f , 函数 $u = \varphi(x)$ 的值域为 R_φ , 若 $D_f \cap R_\varphi$ 非空, 则称 $y = f[\varphi(x)]$ 为复合函数. x 为自变量, y 为因变量, u 称为中间变量.

说明 (1) 两个或两个以上的简单函数, 当 $D_f \cap R_\varphi \neq \emptyset$ 时, 才能构成复合函数; 合成时依次代入.

(2) 复合函数分解的原则: 每一步是简单函数, 从外向内分解, 分解后回代能还原; 中间变量可有一个, 两个, $\cdots$.

例如, 由 $y = e^u, u = \sqrt{x}$ 构成复合函数 $y = e^{\sqrt{x}}$; 由 $y = \ln u, u = \sin v, v = x^5$ 构成复合函数 $y = \ln(\sin x^5)$.