高等院校数学教材同步辅导及考研复习用书

Spark® 星火书业

高等数学习题详解

（与同济五版教材配套）

上、下册合订本

同济大学 彭辉 主编

张天德 主审

联系考研，渗透精讲历年考研真题

- 考点精讲 知识体系表解归类
- 题型归纳 典型例题全解详析
- 技巧点拨 思路方法梳理升华

第3版 最新修订

中国社会出版社

高等数学习题详解

（与同济大学第五版《高等数学》配套）

上、下册合订本

主　编　彭　辉　张焕玲
副主编　路海莲　张　英
主　审　张天德

中国社会出版社

图书在版编目(CIP)数据

高等数学习题详解/彭辉等主编.
—北京:中国社会出版社,2005.8(2007.8重印)
ISBN 978-7-5087-0720-4

Ⅰ.高... Ⅱ.彭... Ⅲ.高等数学—解题
Ⅳ.013—44

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第090011号

书　　名:高等数学习题详解
主　　编:彭　辉
责任编辑:王秀梅

出版发行:中国社会出版社　　邮政编码:100032
通联发行:北京市西城区二龙路甲33号新龙大厦
　　　　　电话:66078622　　　传真:66078622
欢迎读者拨打免费热线8008108114或登录www.bj114.com.cn查询相关信息
经　　销:各地新华书店

印刷装订:文登市印刷厂有限公司印刷
开　　本:880×1230毫米　1/32
印　　张:20.75印张
字　　数:500千字
版　　次:2007年8月第3版
印　　次:2007年8月第3次

书　　号:ISBN 978-7-5087-0720-4
定　　价:19.80元

前 言

高等数学是理工类院校一门重要的基础课程，也是硕士研究生入学考试的重点科目。同济大学主编的《高等数学》（第五版）以体系完整、结构严谨、层次清晰、深入浅出的特点成为高等数学这门课程的经典教材，被全国许多院校采用。为了帮助读者学好高等数学，编者根据多年的教学经验编写了与此书完全配套的《高等数学习题详解》。本书旨在帮助、指导广大读者理解基本概念，掌握基本知识，学会基本解题方法与技巧，提高应试能力和数学思维水平。

本书共分十二章，每章又分若干节，章节的划分和标题与《高等数学》（第五版）完全一致。在本书中每节包括两大部分内容：

一、知识要点与考点：用表格形式简要对每节涉及的基本概念、基本定理和公式进行了系统的梳理，并指出理解与应用基本概念、定理、公式时需注意的问题，特别指出了各类考试中经常考查的重要知识点；

二、习题详解：对《高等数学》（第五版）里该节全部习题做了详细解答。对部分有代表性的习题，在解题过程中，设置了“思路探索”：帮助读者尽快找到解决问题的思路和方法；安排有“方法点击”：帮助读者归纳解决问题的关键、技巧与规律。有的习题还给出了一题多解，以培养读者的分析能力和发散思维能力。另外本书还用“警示语”的形式对解题要点、技巧和易错的地方做了简短警示。

为了帮助读者对每章所学过的知识进行复习巩固，在每章最后一节编写完成后，另外增加四部分内容：

一、本章知识结构及内容小结：先用网络结构图揭示出本章知识点之间的有机联系，以便于学生从总体上系统地掌握本章知识体系和核心内容；然后给出了教材总复习题全解：对每道题给出了详细解答，有的题还给出了“思路探索”和“方法点击”，以便帮助读者尽快找到解决问题的思路、方法、技巧和规律；

二、历年考研真题解析：从历年考研试题中精选出典型题目，并进行详细解答和分析。在本书的最后还附有 2007 年全国研究生入学考试试题

及解答；

三、经典例题解析：精选部分反映各章基本知识点和基本方法的典型例题，并给出详细解答，以提高读者的综合解题能力；

四、同步自测题及解答：精选有代表性、测试价值高的题目（有些题目选自历年全国研究生入学考试试题），以此检测学习效果，提高应试水平。

全书内容编写系统、新颖、清晰、独到，充分体现了如下三大特色：

一、知识梳理清晰、简洁：直观、形象的图表总结，精炼、准确的考点提炼，权威、独到的题型归纳，将教材内容抽丝剥茧、层层展开，呈现给读者简明扼要、层次分明的教材知识结构，以便于读者快速复习、高效掌握，形成稳固、扎实的知识网，从而为后面提高解题能力和数学思维水平夯实基础。

二、能力提升迅速、互动：所有重点、难点、考点，统统归纳为一个个在考试中可能出现的基本题型，然后针对每一个基本题型，举出丰富的精选例题、考研真题，举一反三、深入讲解，真正将知识掌握和解题能力高效结合、浑然一体，一举完成。

三、联系考研密切、实用：本书是一本教材同步辅导，也是一本考研复习用书，书中处处联系考研：例题中有考研试题，同步自测中也有考研试题，最后还附上 2007 年考研数学试题及解析，更不用说讲解中处处渗透考研经常考到的考点、重点等，为的就是让同学们同步完成考研备考，达到考研要求的水平。

本书注意博采众家之长，参考了多本同类书籍，吸取了不少养分。在此，向这些书籍的编著者表示感谢。由于作者水平有限及编写时间仓促，书中疏漏与不妥之处，在所难免，敬请广大读者提出宝贵意见，以便再版时更正改进。

编者

目 录

第一章 函数与极限

本章首先学习函数及其相关概念，并介绍函数的基本性质和常见初等函数；接着讨论数列、函数的极限，包括极限定义的各种形式和求几种不同形式极限的常用方法；然后介绍无穷小量和无穷大量，包括无穷小量的比较；最后说明函数的连续性，并介绍利用连续函数的性质求解一些常见问题的方法.

函数是高等数学的研究对象. 极限的方法是研究函数的基本方法，贯穿于高等数学的始终，它是初等数学与高等数学的分水岭. 因此，理解函数的概念，掌握极限的理论是学好高等数学的基础.

第一节 映射与函数

一、知识要点与考点

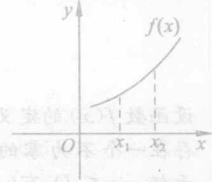
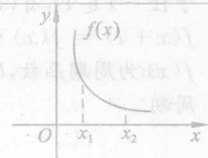
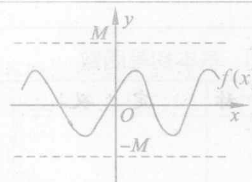
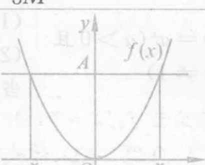
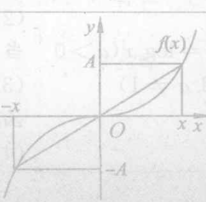
1. 区间与邻域

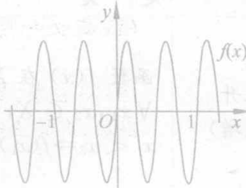
区间	有限区间	开区间	$(a,b)=\{x \mid a<x<b\}$
		闭区间	$[a,b]=\{x \mid a\leqslant x\leqslant b\}$
		半开半闭区间	$(a,b]=\{x \mid a<x\leqslant b\}$ $[a,b)=\{x \mid a\leqslant x<b\}$
	无限区间		$(-\infty,+\infty)=\{x \mid x\in\mathbf{R}\}$ $(a,+\infty)=\{x \mid x>a\}$ $[a,+\infty)=\{x \mid x\geqslant a\}$ $(-\infty,b)=\{x \mid x<b\}$ $(-\infty,b]=\{x \mid x\leqslant b\}$
邻域	点 a 的 δ 邻域		$U(a,\delta)=(a-\delta,a+\delta)=\{x \mid \lvert x-a\rvert<\delta\}$
	点 a 的去心 δ 邻域		$\mathring{U}(a,\delta)=\{x \mid 0<\lvert x-a\rvert<\delta\}$

2. 函数及相关概念

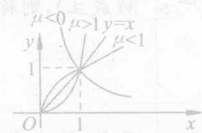
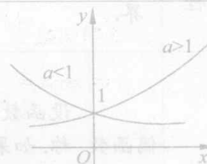
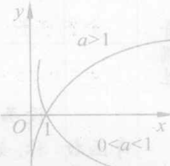
名 称	定 义	说 明
函数	设数集 $D \subset \mathbf{R}$，则称映射 $f: D \to \mathbf{R}$ 为定义在 D 上的函数，通常简记为 $y = f(x), x \in D$，其中 x 称为自变量，y 称为因变量，D 称为定义域，记作 D_f，即 $D_f = D$. 函数值 $f(x)$ 的全体所构成的集合称为函数 f 的值域，记作 R_f 或 $f(D)$，即 $R_f = f(D) = \{y \mid y = f(x), x \in D\}$.	(1) f 表示自变量 x 和因变量 y 之间的对应法则，而 $f(x)$ 表示与自变量 x 对应的函数值； (2) 表示函数的记号可以任意选取； (3) 构成函数的要素是定义域 D_f 及对应法则 f； (4) 当且仅当两个函数的定义域及对应法则都相同时，两个函数相等.
分段函数	在自变量不同变化范围内，对应法则不同，即用不同式子来表示同一个函数.	
复合函数	设函数 $y = f(u)$ 的定义域为 D_1，函数 $u = g(x)$ 在 D 上有定义且 $g(D) \subset D_1$，则由下式确定的函数 $y = f[g(x)], x \in D$ 称为由函数 $u = g(x)$ 和函数 $y = f(u)$ 构成的复合函数，它的定义域为 D，变量 u 称为中间变量.	(1) g 与 f 能构成复合函数 $f \circ g$ 的条件是：函数 g 在 D 上的值域 $g(D)$ 必须含在 $f(x)$ 的定义域 D_f 中，即 $g(D) \subset D_f$； (2) 结合律成立，但没有交换律，即 $(f \circ g) \circ h = f \circ (g \circ h)$， $f \circ g$ 通常不等于 $g \circ f$.
反函数	设函数 $f: D \to f(D)$ 是单射，则它存在逆映射 $f^{-1}: f(D) \to D$，称此时映射 f^{-1} 为函数 f 的反函数. 对每个 $y \in f(D)$，有唯一的 $x \in D$，使 $f(x) = y$，于是有 $f^{-1}(y) = x$. 一般地，$y = f(x), x \in D$ 的反函数记成 $y = f^{-1}(x), x \in f(D)$.	若 f 是定义在 D 上的单调函数，则 $f: D \to f(D)$ 是单射，于是 f 的反函数 f^{-1} 必定存在.
初等函数	由常数和基本初等函数经过有限次的四则运算和有限次的函数复合步骤所构成并可用一个式子表示的函数.	

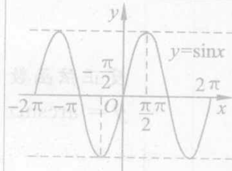
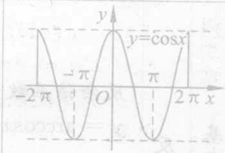
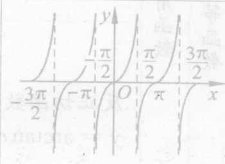
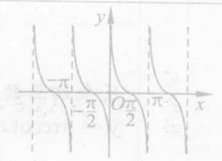
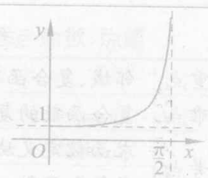
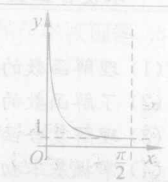
3. 函数的几种特性

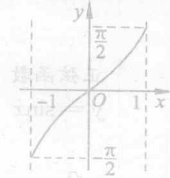
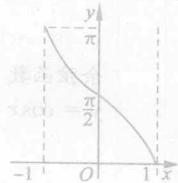
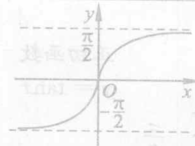
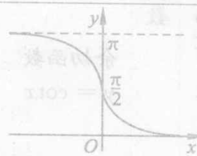
<table>
<tr><th>性质</th><th colspan="2">定　义</th><th colspan="2">图例说明和注意</th></tr>
<tr><td rowspan="3">单调性</td><td>单调上升
(单调递增)</td><td>函数 $f(x)$ 在 X 上定义，
$\forall x_1,x_2\in X$，由
$x_1<x_2\Rightarrow f(x_1)\leqslant f(x_2)$.</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>单调下降
(单调递减)</td><td>函数 $f(x)$ 在 X 上定义，
$\forall x_1,x_2\in X$，由
$x_1<x_2\Rightarrow f(x_1)\geqslant f(x_2)$.</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">若严格不等号成立，则称严格单调上升(下降).</td></tr>
<tr><td>有界性</td><td colspan="2">函数 $f(x)$ 在 X 上定义，若 $\exists M>0,\forall x\in X$，有 $|f(x)|\leqslant M$(或 $\exists m,M$，使得 $m\leqslant f(x)\leqslant M$ 成立)，则称函数 $f(x)$ 在 X 上是有界函数.</td><td colspan="2">即函数的图形位于 $y=M$ 与 $y=-M$ 之间.</td></tr>
<tr><td>无界性</td><td colspan="2">函数 $f(x)$ 在 X 上定义，若 $\forall M>0,\exists x'\in X$，使得 $|f(x')|>M$，则称 $f(x)$ 在 X 上无界.</td><td colspan="2">例：$f(x)=\dfrac{1}{x}$ 在 $(0,+\infty)$ 上无界，因为 $\forall M>0$，取 $x'=\dfrac{1}{3M}$，则 $f(x')=3M>M$.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">奇偶性</td><td>偶函数</td><td>设函数 $f(x)$ 的定义域 D 关于原点对称. 如果对于任一 $x\in D$，$f(-x)=f(x)$ 恒成立，则称 $f(x)$ 为偶函数.</td><td></td><td rowspan="2">函数的奇偶性是相对于区间而言的，若定义域关于原点不对称，则该函数就不是奇或偶函数.</td></tr>
<tr><td>奇函数</td><td>设函数 $f(x)$ 的定义域 D 关于原点对称. 如果对于任一 $x\in D$，$f(-x)=-f(x)$ 恒成立，则称 $f(x)$ 为奇函数.</td><td></td></tr>
</table>

性质	定 义	图例说明和注意	
周期性	设函数 $f(x)$ 的定义域为 D，如果存在一个不为零的数 l，使得对于任一 $x \in D$，有 $(x \pm l) \in D$，且 $f(x+l) = f(x)$ 恒成立，则称 $f(x)$ 为周期函数，l 称为 $f(x)$ 的周期.		一般将 $f(x)$ 的最小正周期简称为 $f(x)$ 的周期，但周期函数不一定存在最小正周期，如常数函数. 定义中，并不要求函数的定义域必须有界.

4. 基本初等函数

名 称	定 义	说明或图例	
幂函数	$y = x^{\mu}(\mu \in \mathbf{R})$	(1) 当 $\mu = \frac{1}{2}$ 时，$x \in [0, +\infty)$ 当 $\mu = 3$ 时，$x \in (-\infty, +\infty)$，不论 μ 取什么值，幂函数在 $(0, +\infty)$ 内总有定义. (2) 当 $\mu > 0$ 时，单调递增； 当 $\mu < 0$ 时，单调递减.	
指数函数	$y = a^{x}(a > 0$ 且 $a \neq 1)$	(1) 定义域为 $\mathbf{R}$. (2) 当 $a > 1$ 时，单调递增； 当 $a < 1$ 时，单调递减.	
对数函数	$y = \log_a x(a > 0$ 且 $a \neq 1)$	(1) 定义域为 $(0, +\infty)$. (2) 当 $a > 1$ 时，单调递增； 当 $a < 1$ 时，单调递减. (3) $y = a^x$ 与 $y = \log_a x$ 互为反函数. (4) $a = \mathrm{e}$ 时，记为 $y = \ln x$.	

名称		定义	说明或图例	
基本初等函数	三角函数	正弦函数 $y=\sin x$	(1) 定义域为 $\mathbf{R}$；值域为 $[-1,1]$. (2) 奇函数，周期 $T=2\pi$ 的周期函数，有界函数 $\|\sin x\|\leqslant 1$.	
		余弦函数 $y=\cos x$	(1) 定义域为 $\mathbf{R}$；值域为 $[-1,1]$. (2) 偶函数，周期 $T=2\pi$ 的周期函数，有界函数 $\|\cos x\|\leqslant 1$.	
		正切函数 $y=\tan x$	(1) 定义域为 $\{x\mid x\in\mathbf{R}$，且 $x\neq k\pi+\frac{\pi}{2},k=0,\pm1,\pm2,\cdots\}$. (2) 奇函数，周期 $T=\pi$ 的周期函数，单调递增.	
		余切函数 $y=\cot x$	(1) 定义域为 $\{x\mid x\in\mathbf{R}$ 且 $x\neq k\pi,k=0,\pm1,\pm2,\cdots\}$. (2) 周期 $T=\pi$ 的周期函数，单调递减.	
		正割函数 $y=\sec x=\frac{1}{\cos x}$	周期 $T=2\pi$ 的周期函数，在 $\left[0,\frac{\pi}{2}\right)$ 上无界.	
		余割函数 $y=\csc x=\frac{1}{\sin x}$	周期 $T=2\pi$ 的周期函数，在 $\left(0,\frac{\pi}{2}\right]$ 上无界.	

名称			定义	说明或图例
基本初等函数	反三角函数	反正弦函数 $y=\arcsin x$	(1) 定义域为$[-1,1]$，值域为$\left[-\frac{\pi}{2},\frac{\pi}{2}\right]$. (2) 奇函数，单调递增.	
		反余弦函数 $y=\arccos x$	(1) 定义域为$[-1,1]$，值域为$[0,\pi]$. (2) 单调递减.	
		反正切函数 $y=\arctan x$	(1) 定义域为$(-\infty,+\infty)$，值域为$\left(-\frac{\pi}{2},\frac{\pi}{2}\right)$. (2) 奇函数，有界，$\lvert\arctan x\rvert<\frac{\pi}{2}$，单调增函数.	
		反余切函数 $y=\operatorname{arccot} x$	(1) 定义域为$(-\infty,+\infty)$，值域为$(0,\pi)$. (2) 有界函数，$0<\operatorname{arccot} x<\pi$，单调递减.	

5. 重点、难点与考点

重点	邻域、复合函数、分段函数、定义域、函数性质
难点	复合函数的复合过程
考点	求函数定义域
	求复合函数、考研中出现分段函数的复合函数

6. 考研对本节的具体要求

(1) 理解函数的概念，掌握函数的表示方法，并会建立函数关系式.

(2) 了解函数的有界性、单调性、周期性和奇偶性.

(3) 理解复合函数及分段函数的概念，了解反函数及隐函数的概念.

(4) 掌握基本初等函数的性质及其图形，了解初等函数的概念.

二、教材习题解答（教材上册 P_{20}，习题 1-1）

1. 解：$A\cup B=(-\infty,3)\cup(5,+\infty)$，

$A \cap B = [-10, -5)$,

$A \backslash B = (-\infty, -10) \cup (5, +\infty)$,

$A \backslash (A \backslash B) = [-10, -5)$.

$A \cap B = A \backslash (A \backslash B)$.

2. 证明：($\Rightarrow$) $\forall a \in (A \cap B)^c$，则 $a \notin A \cup B$，$\therefore a \notin A$ 或 $a \notin B$

即 $a \in A^c$ 或 $a \in B^c$，$\therefore a \in A^c \cup B^c$

由 a 的任意性，知：$(A \cap B)^c \subset A^c \cup B^c$. ①

($\Leftarrow$) $\forall a \in A^c \cup B^c$，则 $a \in A^c$ 或 $a \in B^c$，即 $a \notin A$ 或 $a \notin B$，

$\therefore a \notin A \cap B$，即 $a \in (A \cap B)^c$，

由 a 的任意性，知 $(A \cap B)^c \supset A^c \cup B^c$. ②

由①、②得：$(A \cap B)^c = A^c \cup B^c$.

3. 证明：(1) ($\Rightarrow$) $\because A \subset X, B \subset X$，$\therefore A \cup B \subset X$，$\therefore f(A \cup B)$ 有意义.

$\forall y \in f(A \cup B)$，$\exists x \in A \cup B$，使得 $f(x) = y$，

$\therefore x \in A$ 或 $x \in B$，即 $f(x) \in f(A)$ 或 $f(x) \in f(B)$，

$\therefore f(x) \in f(A) \cup f(B)$，即 $y \in f(A) \cup f(B)$，

由 y 的任意性，知：$f(A \cup B) \subset f(A) \cup f(B)$. ①

($\Leftarrow$) 设 $\forall y \in f(A) \cup f(B)$，则 $y \in f(A)$ 或 $y \in f(B)$，

$\therefore \exists x \in A$ 或 $x \in B$，使得 $f(x) = y$，

即 $\exists x \in A \cup B$，使 $f(x) = y$，$\therefore y = f(x) \in f(A \cup B)$，

由 y 的任意性，知：$f(A \cup B) \supset f(A) \cup f(B)$， ②

由①②，得 $f(A \cup B) = f(A) \cup f(B)$.

(2) $\because A \subset X, B \subset X$，$\therefore A \cap B \subset X$，$\therefore f(A \cap B)$ 有意义.

$\forall y \in f(A \cap B)$，$\exists x \in A \cap B$，使得 $f(x) = y$，

$\because x \in A$ 且 $x \in B$ $\therefore f(x) \in f(A)$ 且 $f(x) \in f(B)$，

即 $f(x) \in f(A) \cap f(B)$，即 $y \in f(A) \cap f(B)$，

由 y 的任意性，知：$f(A \cap B) \subset f(A) \cap f(B)$.

4. 证明：先证 f 是单射.

$\forall x_1, x_2 \in \mathbf{Z}$ 且 $x_1 \neq x_2$，则 $\exists y_1, y_2 \in Y$，使得 $f(x_1) = y_1$，$f(x_2) = y_2$，

假设 $y_1 = y_2$，即 $f(x_1) = f(x_2)$.

$\therefore g \circ f(x_1) = g \circ f(x_2)$，即 $I_X(x_1) = I_X(x_2)$，$\therefore x_1 = x_2$，

此与已知条件矛盾，$\therefore$ 假设不成立，$\therefore y_1 \neq y_2$，$\therefore f$ 是单射.

下证 f 是满射.

设 $\forall y \in Y$，$\because g$ 是映射，$\therefore \exists x \in \mathbf{X}$，使 $g(y) = x$，

$\therefore f(x) = f \circ g(y) = I_Y(y) = y$，

即对 $\forall y \in Y$，$\exists x \in \mathbf{X}$，使 $f(x) = y$，$\therefore f$ 是满射，

$\therefore f$ 是双射.

$\therefore f$ 存在逆映射，且对每个 $y \in Y$，有唯一的 $x \in \mathbf{X}$，使 $f(x) = y$.

且 $g(y) = g \circ f(x) = x$，$\therefore$ 由逆映射定义知：g 是 f 的逆映射；$g = f^{-1}$.

5. 证明：(1) 对 $\forall x \in A \subset \mathbf{X}$，$\because f$ 为映射，$\therefore \exists y \in Y$，使 $f(x) = y$.

又 $\because f(x) \in f(A)$，$\therefore f^{-1}(y) = f^{-1}(f(x)) = x \in f^{-1}(f(A))$，

由 x 的任意性，知：$A \subset f^{-1}(f(A))$.

(2) 由(1)知：$f^{-1}(f(A)) \supset A$.

下证 $f^{-1}(f(A)) \subset A$.

$\forall x \in f^{-1}(f(A))$，则 $\exists y \in f(A)$，使得 $f(x) = y$.

又 $\because y \in f(A)$，$\therefore \exists x' \in A$，使得 $f(x) = f(x')$，

又 $\because f$ 为单射，$\therefore x = x' \in A$.

由 x 的任意性，知：$f^{-1}(f(A)) \subset A$.

$\therefore$ 当 f 是单射时，有 $f^{-1}(f(A)) = A$.

6. 解：(1) 自然定义域为：$\{x \mid x \geqslant -\frac{2}{3}\}$.

(2) 自然定义域为：$\{x \mid x \neq \pm 1\}$.

(3) 自然定义域为：$\{x \mid -1 \leqslant x \leqslant 1$ 且 $x \neq 0\}$.

(4) 自然定义域为：$\{x \mid -2 < x < 2\}$.

(5) 定义域显然为：$\{x \mid x \geqslant 0\}$.

(6) 自然定义域为：$\{x \mid x \neq k\pi + \frac{\pi}{2} - 1, k \in \mathbf{Z}\}$.

(7) 自然定义域为：$\{x \mid 2 \leqslant x \leqslant 4\}$.

(8) 自然定义域为：$\{x \mid x \leqslant 3$ 且 $x \neq 0\}$.

(9) 自然定义域为：$\{x \mid x > -1\}$.

(10) 自然定义域显然为：$\{x \mid x \neq 0\}$.

7. 解：(1) 不同. $\because f(x)$ 定义域为 $x \neq 0$，而 $g(x)$ 定义域为 $x > 0$，即 $f(x)$，$g(x)$ 定义域不同.

(2) 不同. $\because f(x)$，$g(x)$ 值域不同.

(3) 相同. $\because f(x) = \sqrt[3]{x^3(x-1)} = x\sqrt[3]{x-1} = g(x)$.

(4) 不同. $\because f(x)$，$g(x)$ 定义域不同.

8. 解：$\varphi\left(\frac{\pi}{6}\right) = \left|\sin\frac{\pi}{6}\right| = \frac{1}{2}$，

$\varphi\left(\frac{\pi}{4}\right) = \varphi\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \left|\sin\frac{\pi}{4}\right| = \frac{\sqrt{2}}{2}$，

$\varphi(-2) = 0$.

函数 $y = \varphi(x)$ 的图形如图 1-1 所示：

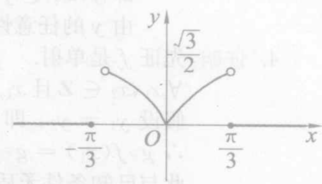


图 1-1

9. 证明：证法一：

(1) $y = f(x) = \frac{x}{1-x} = -1 + \frac{1}{1-x}$，

$x \in (-\infty, 1)$，

$\because \frac{1}{1-x}$ 在 $(-\infty, 1)$ 上单调递增，$\therefore y$ 在 $(-\infty, 1)$ 上也单调递增.

(2) $y = f(x) = x + \ln x$，

$\because x$ 在 $(0, +\infty)$ 单调递增，$\ln x$ 在 $(0, +\infty)$ 上单调递增，

又 $\because$ 两单调递增函数相加也是单调递增的，

$\therefore y$ 在 $(0, +\infty)$ 上单调递增.

证法二：(1) $y = f(x) = \frac{x}{1-x} = -1 + \frac{1}{1-x}$，$x \in (-\infty, 1)$