《计算科学导论》第1章

科学哲学的思想方法

孙运雷

计算机科学系

听课的同学特别注意

- 本课程的内容对于初学者非常重要，但课程本身不属于重点课程的范畴。
- 本课程的内容属于对学科定义、范畴、特点和发展变化规律等内容的概要介绍，以及如何学习这个专业思想方法的介绍，类似于大学专业学习的入门性导引类课程，相当于旅游中对“导游图”的学习和了解。学生不应指望从本课程学到大量具体的专业知识。有关计算机科学与技术学科大量具体而有用的专业知识，还需要在后续的各门具体的课程中去学习。

2

人类无时无刻不在探索世界和未来

- 我们从哪里来？要到哪里去？
- 这种源于对自身来历的求证和把握未来的愿望，使得人类对现实世界的了解和对具有不确定性未来发展的探索使命，年复一年，一代又一代地在科学家中传承和延续。
- 怎样才能更好地履行使命呢？即使是一个普通人，来到新大陆，怎样才能更好地了解这个世界，为自己融入其中，顺利开展各种活动奠定必要的基础呢？
- 只有认识世界，才能改造世界。

3

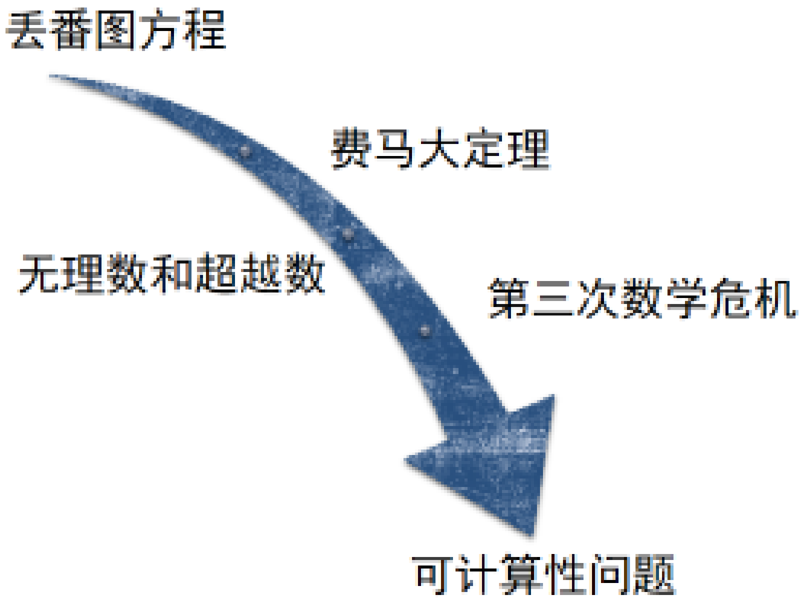
第一章 科学哲学的思想方法

- 1.0 计算机的数学起源
- 1.1 计算科学一词的来历
- 1.2 科学哲学与学科方法论简介
- 1.3 一般的科学的思想方法
- 1.4 计算机科学初学者的正确选择
- 1.5 使用本书应该注意的事项

4

1.0 计算机的数学起源

- 真正理解一件事物最好的方式莫过于去探寻它的历史！



5

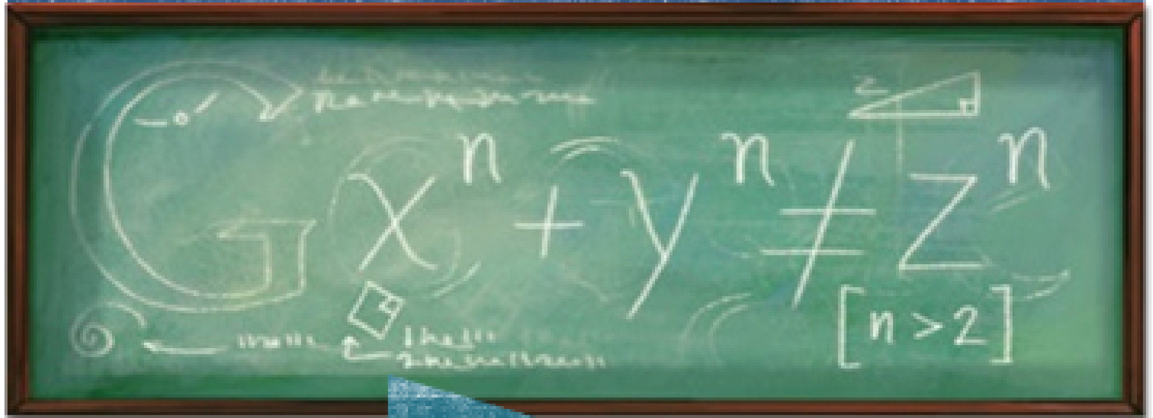
丢番图方程

- 丢番图的《算术》一书，共十三卷。
- 丢番图方程是指只允许整数解的代数方程。
- $a_1x_1^{b_1}+a_2x_2^{b_2}+\cdots\cdots+a_nx_n^{b_n}=c$
- 如何判定方程在整数域内是否有解？如果有，如何高效找到所有解？这类问题称为丢番图方程。

丢番图(Diophantus) (246—330)
古希腊亚历山大学后期的数学家，是代数学的创始人之一，对算术理论有深入研究。

费马大定理（费马最后定理）

当整数n>2时，关于x, y, z的方程$x^n + y^n = z^n$没有正整数解



“我发现了一个美妙的关于这个定理的证法，可惜这里地方太小，写不下。“

——谷歌纪念费马诞辰410周年

皮埃尔·德·费马
1601-8-17~1665-1-12
法国律师和业余数学家

丢番图方程的解

- 很显然，证明某些丢番图方程没有解要比找到一个解（如果有）更具有挑战性。

知道有解

计算机穷举

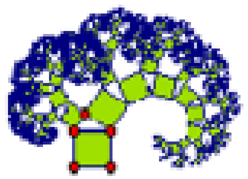
逐个尝试

不知道有解

何时结束？

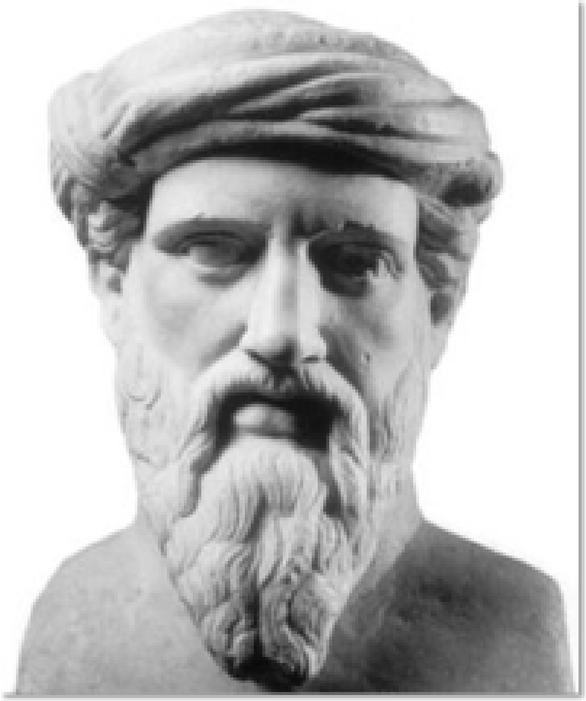
麻烦来自这些可恶的数字：它们有无穷多个！

无理数和超越数



万物皆数

世界上只有整数和分数(有理数)

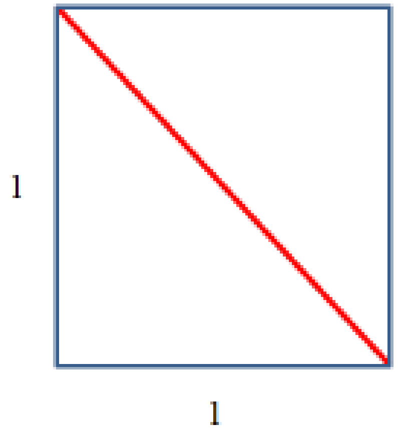


毕达哥拉斯（Pythagoras，约公元前580年～约前500（490）年）古希腊数学家、哲学家

$\sqrt{2}$引发的血案

希帕索斯（Hippasus，约公元前500年），
生卒年月不详，毕达哥拉斯的得意门生

对角线$\sqrt{2}$不能通约，不是有理数！



第一次数学危机

无理数是指实数范围内不能表示成两个整数之比的数。两个不可通约的比值也一直认为是不可理喻的数。15世纪意大利著名画家达.芬奇称之为“无理的数”，17世纪德国天文学家开普勒称之为“不可名状”的数。

[3,4]

[3.1,3.2]

[3.14,3.15]

[3.141,3.142]

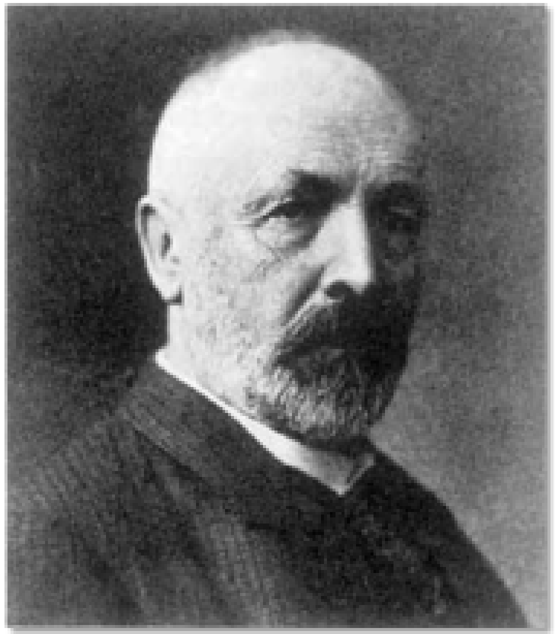
…

由无理数引发的数学危机一直延续到19世纪下半叶。1872年，德国数学家戴德金从连续性的要求出发，用有理数的“分割”来定义无理数，并把实数理论建立在严格的科学基础上，从而结束了无理数被认为“无理”的时代，也结束了持续2000多年的数学史上的第一次大危机。

代数方程

- 代数方程：$a_N x^N + a_{N-1} x^{N-1} + \cdots\cdots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 = c$
- 代数数：代数方程的解
- 所有的实数都是代数数吗？是否有些实数不是代数方程的解？
- 超越数：非代数数，超越了代数

超越数存在的新证据——不可数



格奥尔格·费迪南德·路德维格·菲利普·康托尔（1845-3-3~1918-1-6），德国数学家。创立了朴素集合论。他还提出了集合的势和序的概念。

可数集合自然数的基数：$\aleph_0$

不可数集合实数的基数：$\aleph$

$\aleph_0$ <<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<< $\aleph$

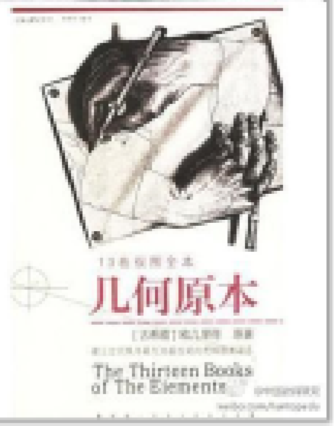
这是已知的

这是需要做的事

看到问题所在了吗？

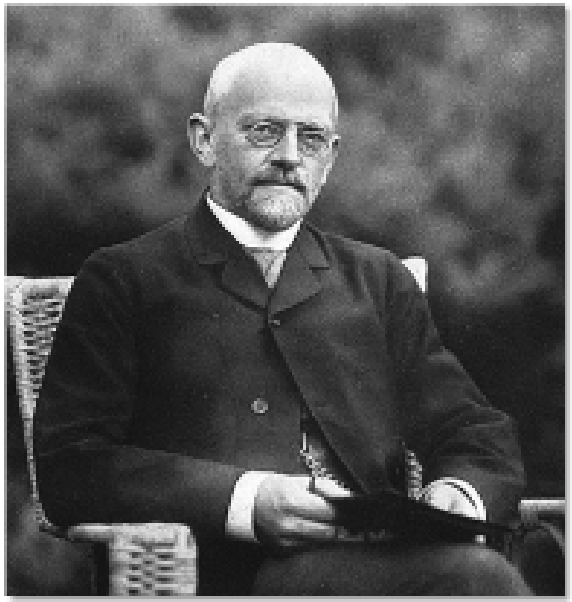
第三次数学危机

- 1、任意两个点可以通过一条直线连接。
- 2、任意线段能无限延长成一条直线。
- 3、给定任意线段，可以以其一个端点作为圆心，该线段作为半径作一个圆。
- 4、所有直角都全等。
- 5、若两条直线都与第三条直线相交，并且在同一边的内角之和小于两个直角和，则这两条直线在这一边必定相交。



欧氏几何五条公理
公理化法建立数学体系的典范

希尔伯特

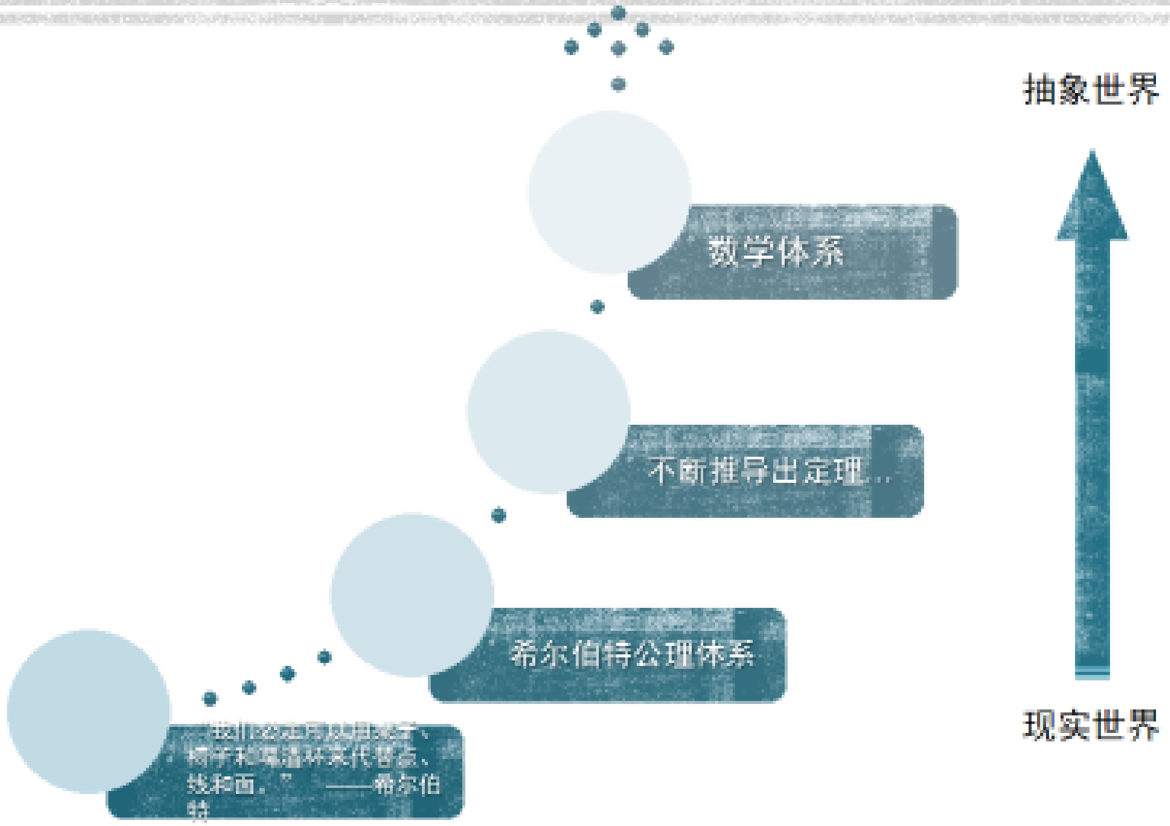


戴维·希尔伯特，又译大卫·希尔伯特，D.（David Hilbert，1862~1943），德国著名数学家，“”数学界的无冕之王”，天才中的天才。

以希尔伯特命名的数学名词

- 希尔伯特空间
- 希尔伯特不等式
- 希尔伯特变换
- 希尔伯特不变积分
- 希尔伯特不可约性定理
- 希尔伯特基定理
- 希尔伯特公理
- 希尔伯特子群
- 希尔伯特类域
- …

希尔伯特公理体系



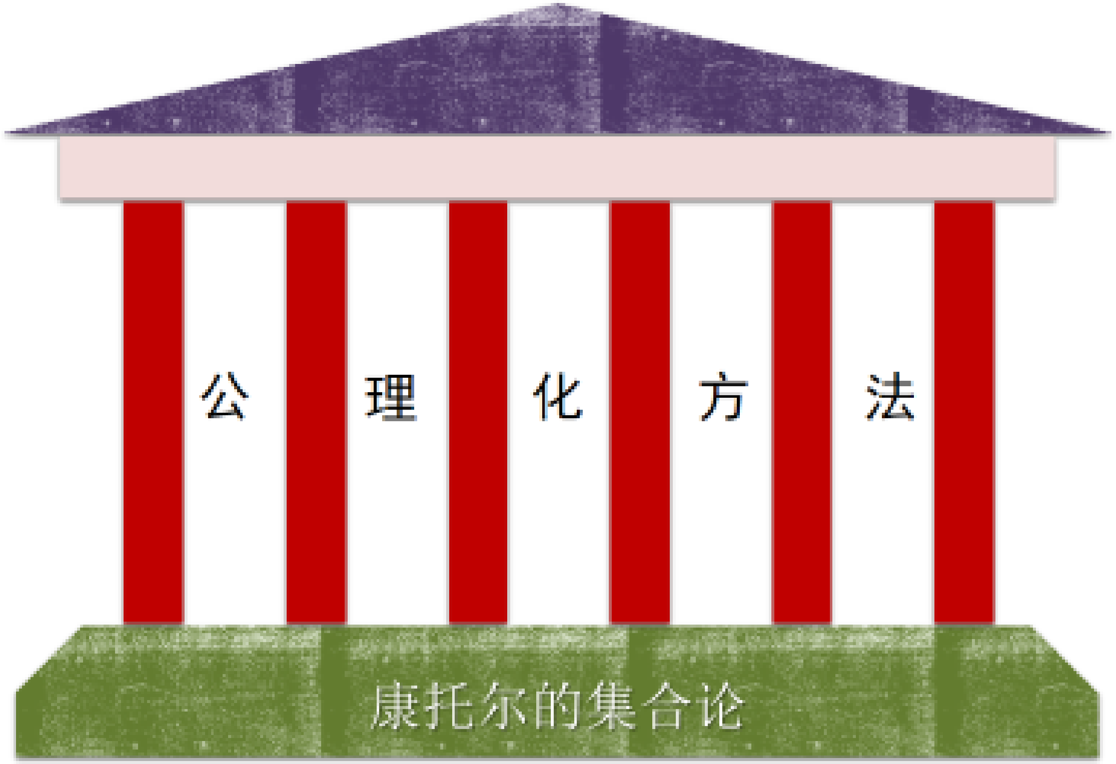
康托尔集合论

康托尔创立了著名的集合论

数学家们发现，从自然数与康托尔集合论出发可建立起整个数学大厦

“一切数学成果可建立在集合论基础上”

数学大厦



1900年巴黎国际数学家代表大会

我们当中有谁不想揭开未来的帷幕，看一看在今后的世纪里我们这门学科发展的前景和奥秘呢？我们下一代的主要思潮将追求什么样的特殊目标？在广阔而丰富的数学思想领域，新世纪将会带来什么样的新方法和新成果？

——希尔伯特

希尔伯特的23个问题

- 第1到第6问题是数学基础问题
- 第7到第12问题是数论问题
- 第13到第18问题属于代数和几何问题
- 第19到第23问题属于数学分析

数学基础问题

（1）康托的连续统基数问题。

- 1874年，康托猜测在可数集基数和实数集基数之间没有别的基数，即著名的连续统假设。1938年，侨居美国的奥地利数理逻辑学家哥德尔证明连续统假设与ZF集合论公理系统的无矛盾性。1963年，美国数学家科思（P.Choen）证明连续统假设与ZF公理彼此独立。因而，连续统假设不能用ZF公理加以证明。

（2）算术公理系统的无矛盾性。

- 欧氏几何的无矛盾性可以归结为算术公理的无矛盾性。希尔伯特曾提出用形式主义计划的证明论方法加以证明，哥德尔1931年发表不完备性定理作出否定。根茨（G.Gentaen，1909-1945）1936年使用超限归纳法证明了算术公理系统的无矛盾性。

（3）只根据合同公理证明等底等高的两个四面体有相等之体积是不可能的。

- 问题的意思是：存在两个等高等底的四面体，它们不可能分解为有限个小四面体，使这两组四面体彼此全等。德思（M.Dehn）在1900年已解决。

数学基础问题

（4）两点间以直线为距离最短线问题。

- 此问题提的一般。满足此性质的几何很多，因而需要加以某些限制条件。1973年，苏联数学家波格列洛夫（Pogleov）宣布，在对称距离情况下，问题获解决。

（5）拓扑学成为李群的条件（拓扑群）。

- 这一个问题简称连续群的解析性，即是否每一个局部欧氏群都一定是李群。1952年，由格里森（Gleason）、蒙哥马利（Montgomery）、齐平（Zippin）共同解决[4] 。1953年，日本的山迈英彦已得到完全肯定的结果。

（6）对数学起重要作用的物理学的公理化。

- 1933年，苏联数学家柯尔莫哥洛夫将概率论公理化。后来，在量子力学、量子场论方面取得成功。但对物理学各个分支能否全盘公理化，很多人有怀疑。

数论问题

（7）某些数的超越性的证明。

- 需证：如果α是代数数，β是无理数的代数数，那么α^β一定是超越数或至少是无理数（例如，$2^{\sqrt{2}}$和e^π）。苏联的盖尔封特（Gelfond）1929年、德国的施奈德（Schneider）及西格尔（Siegel）1935年分别独立地证明了其正确性。但超越数理论还远未完成，确定所给的数是否超越数，尚无统一的方法。

（8）素数分布问题。

- 素数是一个很古老的研究领域。希尔伯特在此提到黎曼（Riemann）猜想、哥德巴赫（Goldbach）猜想以及孪生素数问题。黎曼猜想至今未解决。哥德巴赫猜想和孪生素数问题目前也未最终解决。其中，哥德巴赫猜想的最佳结果属于中国数学家陈景润（1+2），而华人数学家张益唐在2013年在孪生素数猜想领域做出了突破性的贡献。

（9）一般互反律在任意数域中的证明。

- 1921年由日本的高木贞治，1927年由德国的阿廷（E.Artin）各自给以基本解决。而类域理论至今还在发展之中。

数论问题

（10）能否通过有限步骤判定不定方程是否存在有理整数解？

- 求出一个整数系数方程的整数根，称为丢番图方程可解。1950年前后，美国数学家戴维斯（Davis）、普特南（Putnan）、罗宾逊（Robinson）等取得关键性突破。1970年，巴克尔（Baker）、费罗斯（Philos）对含两个未知数的方程取得肯定结论。1970年。苏联数学家马蒂塞维奇最终证明：在一般情况答案是否定的。尽管得出了否定的结果，却产生了一系列很有价值的副产品，其中不少和计算机科学有密切联系。

（11）一般代数数域内的二次型论。

- 德国数学家哈塞（Hasse）和西格尔（Siegel）在20年代获重要结果。60年代，法国数学家魏依（A.Weil）取得了新进展。

（12）类域的构成问题。

- 即将阿贝尔域上的克罗内克定理推广到任意的代数有理域上去。此问题仅有一些零星结果，离彻底解决还很远。

代数和几何问题

（13）一般七次代数方程以二变量连续函数之组合求解的不可能性。

- 七次方程x7+ax3+bx2+cx+1=0的根依赖于3个参数a、b、c；x=x(a,b,c)。这一函数能否用两变量函数表示出来？此问题已接近解决。1957年，苏联数学家阿诺尔德（Arnold）证明了任一在〔0，1〕上连续的实函数f(x1，x2，x3)可写成形式∑hi(ξi(x1,x2),x3)(i=1--9)，这里hi和ξi为连续实函数。柯尔莫哥洛夫证明f(x1，x2，x3)可写成形式∑hi(ξi1(x1)+ξi2(x2)+ξi3(x3))(i=1--7)这里hi和ξi为连续实函数，ξij的选取可与f完全无关。1964年，维士斯金（Vituskin）推广到连续可微情形，对解析函数情形则未解决。

（14）某些完备函数系的有限的证明。

- 即域K上的以x1,x2,…,xn为自变量的多项式fi（i=1,…，m），R为K〔X1，…，Xm]上的有理函数F（X1，…，Xm）构成的环，并且F（f1，…，fm）∈K[x1，…，xm]试问R是否可由有限个元素F1，…，FN的多项式生成？这个与代数不变量问题有关的问题，日本数学家永田雅宜于1959年用漂亮的反例给出了否定的解决。

（15）建立代数几何学的基础。

- 荷兰数学家范德瓦尔登1938年至1940年，魏依1950年已解决。希尔伯特要求将问题一般化，并给以严格基础。已有了一些可计算的方法，它和代数几何学有密切的关系。但严格的基础至今仍未建立。

代数和几何问题

（16）代数曲线和曲面的拓扑研究。

- 此问题前半部涉及代数曲线含有闭的分枝曲线的最大数目。后半部要求讨论备dx/dy=Y/X的极限环的最多个数N（n）和相对位置，其中X、Y是x、y的n次多项式。对n=2（即二次系统）的情况，1934年福罗献尔得到N(2)≥1；1952年鲍廷得到N(2)≥3；1955年苏联的波德洛夫斯基宣布N(2)≤3，这个曾震动一时的结果，由于其中的若干引理被否定而成疑问。关于相对位置，中国数学家董金柱、叶彦谦1957年证明了（E2）不超过两串。1957年，中国数学家秦元勋和蒲富金具体给出了n=2的方程具有至少3个成串极限环的实例。1978年，中国的史松龄在秦元勋、华罗庚的指导下，与王明淑分别举出至少有4个极限环的具体例子。1983年，秦元勋进一步证明了二次系统最多有4个极限环，并且(1,3)分布，但证明有误，至今二次系统的问题尚未解决。

（17）半正定形式的平方和表示。

- 实系数有理函数f(x1,…，xn)对任意数组（x1，…,xn）都恒大于或等于0，确定f是否都能写成有理函数的平方和？1927年阿廷已肯定地解决。

（18）用全等多面体构造空间。

- 德国数学家比贝尔巴赫（Bieberbach）1910年，莱因哈特（Reinhart）1928年作出部分解决。

数学分析

（19）正则变分问题的解是否总是解析函数？

- 德国数学家伯恩斯坦（Bernstein，1929）和苏联数学家彼德罗夫斯基（1939）已解决。

（20）研究一般边值问题。

- 此问题进展迅速，已成为一个很大的数学分支。日前还在继续发展。

（21）具有给定奇点和单值群的Fuchs类的线性微分方程解的存在性证明。

- 此问题属线性常微分方程的大范围理论。希尔伯特本人于1905年、勒尔（H.Rohrl）于1957年分别得出重要结果。1970年法国数学家德利涅（Deligne）作出了出色贡献。

（22）用自守函数将解析函数单值化。

- 此问题涉及艰深的黎曼曲面理论，1907年克伯（P.Koebe）对一个变量情形已解决而使问题的研究获重要突破。其它方面尚未解决。

（23）发展变分学方法的研究。

- 这不是一个明确的数学问题。20世纪变分法有了很大发展。

罗素悖论

- 1903年，一个震惊数学界的消息传出：集合论是有漏洞的！这就是英国数学家罗素提出的著名的罗素悖论。
  - 塞尔维亚有一位理发师：他只给所有不给自己理发的人理发，不给那些给自己理发的人理发。问：他要不要给自己理发呢？如果他给自己理发，他就属于那些给自己理发的人，因此他不能给自己理发。如果他不给自己理发，他就属于那些不给自己理发的人，因此他就应该给自己理发。
  - 严格的罗素悖论：S由一切不是自身元素的集合所组成。S是否属于S呢？

第三次数学危机

- 罗素悖论使集合论产生了危机。因为集合论中存在着矛盾，所以整个数学体系存在着根本性的矛盾。因此，罗素悖论一提出就在当时的数学界与逻辑学界内引起了极大震动。
- 德国的著名逻辑学家弗里兹在他的关于集合的基础理论完稿付印时，收到了罗素关于这一悖论的信。他立刻发现，自己忙了很久得出的一系列结果却被这条悖论搅得一团糟。他只能在自己著作的末尾写道：“一个科学家所碰到的最倒霉的事，莫过于是在他的工作即将完成时却发现所干的工作的基础崩溃了。”

ZF公理化集合论

- 把集合论变成了一个完全抽象的公理化理论. 在这个理论中，集合这个概念一直不加定义，不说什么是集合，而集合的性质则由公理表现出来。
- 冯诺依曼提出，全体集合构成的集合，不能是集合论的一个对象、元素。全体集合构成的东西可以作为类提起，但不能作为集合参与集合论的运算，亦即不能说这个东西属于某个集合。这样一来，罗素悖论就“不再存在”。
- 但是，原本被认为合理的东西，比如“全体集合构成的东西”，却也无法在集合论的体系内讨论了。也就是说，罗素悖论虽然可以避免，但代价是，这个系统不像人们当初设想的那么包罗万象。

希尔伯特计划

- 罗素悖论“解决”后，人们进一步想严格证明两个事情，一是集合论是无矛盾的（一致性），二是所有集合论的命题（从而所有数学命题）都能从集合论的公理按逻辑演绎的法则推导出来（完备性）。
- 如果这两件事能成，任何数学命题，要知道真假，所要做的不过是从几条公理出发，按逻辑演绎法则去推，早晚要么证明其为真，要么得到其否命题。从而，说明数学本质上是机械的。
- 这两件事，就是著名的希尔伯特计划。当时诸多一流数学家都曾尝试，例如冯诺依曼。至此，第三次数学危机结束。

希尔伯特计划

- 1917年希尔伯特在苏黎世的一次演讲中提出了如何论证数论、集合论或数学分析一致性的方案，这就是著名的希尔伯特计划。
- 他的目标是将整个数学体系严格公理化，然后用元数学——证明数学的数学——来证明整个数学体系是坚实的。
- 希尔伯特的目的是试图对某一形式语言系统的无矛盾性给出绝对的证明，以便克服悖论引起的危机，一劳永逸地消除对数学基础以及数学推理方法可靠性的怀疑。

公理系统需要满足的条件

1、一致性

- 也称为无矛盾性，相容性，也就是公理系统不能推出相互矛盾的结论。

2、独立性

- 也就是公理系统中每一条公理都独立存在，不允许有一条公理能用其它公理把它推导出来，同时使公理的数目减少到最低限度。

3、完备性

- 这就是要求确保从公理系统中能推出所研究的数学分支的全部命题。

4、可判定性

- 寻找一个判定过程——用以确定任一给定合式公式的可证明性的通用方法

哥德尔

1931年，那个数学界风起云涌的年代，一个名不经传的20出头的学生，在他的博士论文中证明了一个惊天动地的结论。

爱因斯坦说：“他晚年之所以坚持每天都去办公室，是因为在路上可以和哥德尔聊天。”

库尔特·哥德尔（Kurt Gödel）（1906年4月28日—1978年1月14日）是位数学家、逻辑学家和哲学家。

哥德尔不完备定理

第一，他证明了，任何一个数学系统，只要它是从有限的公理和基本概念中推导出来的，并且从中能推证出自然数系统，就可以在其中找到一个命题，对于它我们既没有办法证明，又没有办法推翻。哥德尔不完备定理的证明结束了关于数学基础的争论，宣告了把数学彻底形式化的愿望是不可能实现的。

第二，他证明了，对于任意的数学系统，如果其中包含了算术系统的话，即使形式数论的所有方法都看成是有穷的，也不足以证明数论的无矛盾性。希尔伯特第2问题得到了答案。

（2）算术公理系统的无矛盾性。

希尔伯特第1问题——连续统假设

数学家研究的"有意义"的数学命题也可能是不可判定的。

哥德尔证明了连续统假设和策梅洛-弗兰克集合论是相容的，也就是说二者之间没有矛盾。

科恩证明了从策梅洛-弗兰克集合论出发不能证明连续统假设。

这两个结果综合起来，其实就说明了连续统假设在策梅洛-弗兰克集合论中是不可判定的。

策梅洛-弗兰克ZF集合论正是解决第三次数学危机的武器和现代数学的逻辑基础，你明白这到底意味着什么了吗？

哥德尔不完备定理的不同理解

- 哥德尔不完备性定理的核心思想是运用了逻辑学里的“自指”的概念，说的通俗一点就是：「这个陈述它陈述了它自己」。自指是逻辑学里面很多悖论的根源，比如理发师悖论。
- 任何形式化的公理系统都存在者自指问题。如果要排除自指悖论，必须先把自己放在研究对象之外。比如不完备，但一致。反过来，也可以：不一致，但完备。
- 一个系统永远无法给出系统自身的明证性。

哥德尔不完备定理的不同理解

- 从根本上说，计算机就是一种基于二进制数字运算的命题演算系统。其中给出的加减法运算公理是有限的，可推导，可证明的，规则是可计算，也就是说具备一致性。
- 如该定理所说，这样的系统必然是不完备的，也就是说至少有一个命题不能通过这样的“程序”被判明真伪，系统在处理这样的命题时，就无法“停机”。无论你怎样扩充公理集，只要是有限的，这个现象就始终存在。而无限的公理集对于计算机来说，就意味着无限大的存储空间，这显然是不可能的。
- 计算机系统的不完备性还体现在，它本身绝对不可能拥有代表自我的符号，也就绝对不可能通过这种方式拥有智能——它并不具有跳出系统的能力。
- 因此，有些数学家就认为，这表明了计算机是有致命缺陷的，无法拥有人类的“直觉”，无法具有自我意识，所以计算机永远不可能具有人脑的能力，人工智能期望中的真正具有智慧的“电脑”，只不过是如“皇帝的新衣”那样的“皇帝的新脑”。

各方反应

- 希尔伯特："有些愤怒"
- 数学家罗素：1950年获得诺贝尔文学奖
- 冯.诺依曼：放弃逻辑学，转行计算机

数学，如同人生，如同爱情，有些东西是真的，

你却永远无法证明。

可计算性问题

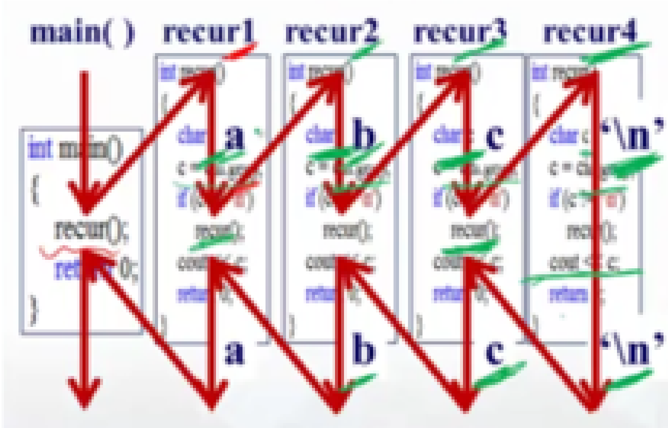
- 哥德尔不完备性定理说不存在一个完备的系统把数学彻底形式化。因为总有一些问题是既不可以证明“真”，也不可以证明“假”的。
- 有些数学家看到这里会思考一个问题：哪些问题是可证明的？哪些问题是不可证明的？边界在哪？怎么判定一个问题是否可解？这与希尔伯特第10问题（“是否存在一个算法能够计算任意丢番图方程是否有整根）也有着莫大的联系。
- 要解决这个问题，就得先严格定义“可计算”这一概念。

可计算理论

- 可计算的通俗说法："设函数f的定义域是D，值域是R，如果存在一种算法，对D中的任意给定x，都能计算出f(x)的值，则称函数f是可计算的"，也就是在可以预先确定的时间和步骤之内能够具体进行的计算。
- **20世纪30年代许多数学家试图将可计算性理论形式化。其中三个典型代表是哥德尔，丘奇和图灵。**
- 他们的研究思路都是为计算建立一个数学模型，称为计算模型，然后证明凡是这个计算模型能够完成的任务都是可计算的任务。（这个模型就像一个评价器，判定哪些问题可解哪些不可解）。

哥德尔——一般递归函数

- 1933年，哥德尔和雅克·埃尔布朗（Jacques Herbrand） 一同建立了一类被称为一般递归函数（general recursive）的形式化定义。
- 一般递归函数是最小的一类函数，它包含了所有的常函数，射影函数和后继函数并且对函数的组合运算与递归运算封闭。



丘奇——λ算子

- 1936年，丘奇（Alonzo Church ）所创造的形式化系统被哥德尔不完备性定理冲击之后，发现该形式化系统所包含的λ算子（λ-calculus）具有良好的性质，并基于λ算子定义了一种自然数的编码方式（丘奇数）。
- 这个系统本质上是一种虚拟机器的编程语言，他的基础是一些以函数为参数和返回值的函数。函数用希腊字母 λ 标识，这个形式系统因此得名。
- 他证明自然数域上的函数是λ可计算的（λ-computable ）仅当对应的丘奇数上的函数可以被λ算子表示出来。

图灵——图灵机

- 1936年，在得知丘奇的工作内容之前图灵（Alan Turing）创造了一种通过操作纸带上的符号进行计算的机器理论模型（图灵机）。
- 把自然数编码成一堆符号序列，自然数上的函数是图灵可计算的（Turing computable ）仅当存在图灵机可以在自然数被编码的符号序列上计算相应的函数。
- 丘奇和图灵证明以上三种关于可计算函数的形式化定义是一致的：**一个函数是λ-computable当且仅当它是Turingcomputable当且仅当它general recursive。**

第一章 科学哲学的思想方法

- 1.0 计算机的数学起源
- 1.1 计算科学一词的来历
- 1.2 科学哲学与学科方法论简介
- 1.3 一般的科学的思想方法
- 1.4 计算机科学初学者的正确选择
- 1.5 使用本书应该注意的事项

45

1.1 计算科学一词的来历

- 20世纪30年代到60年代初，计算机科学与技术的研究与学科发展基本上处在萌芽状态，当时从事计算机科学与技术研究的科学家主要来自数学和电子科学领域。数学家最初的工作主要是围绕什么是计算开展理论探索，寻求计算的数学理论模型，弄清计算的极限。
- 由于图灵和冯·诺依曼等人的贡献，使得存储程序式通用电子数字计算机在40年代诞生（1946，ENIAC），人类使用自动计算装置代替人的人工计算和手工劳动的梦想成为现实。在此基础上，吸引了大批数学家在现代计算机系统的支持下开展计算应用研究，解决了许多过去难以解决的科学计算问题，有力地推动了计算数学的快速发展。

46

1.1 计算科学一词的来历

- 20世纪50年代后期高级程序设计语言的发展促进了硬件、软件与理论的融合，计算的数学理论、通用电子数字计算机系统、科学计算、高级语言程序设计等多个方向的研究进展催生了计算机科学作为一个学科的出现。
- 20世纪70和80年代，众多大学的计算机科学系分化为计算机科学系和计算机工程系两大阵营，以后又出现了一些变形，如计算机科学与工程系、数学与计算机科学系、电子与计算机工程系、管理与信息科学系等，引发了计算学科属“工科”还是“理科”的争论。由于对计算机科学领域开展工作的侧重点不同，对学科的认识不同，产生了对学科发展道路与人才培养方面的不同认识和诸多争议。

47

1.1 计算科学一词的来历

- 为了解决学术界和教育界对计算机科学的认识的分歧，为学科人才培养探索一个科学的发展模式，从1985年起，美国ACM和IEEE-CS两个学会联手组成攻关小组，试图解决这个问题。联合攻关小组在走访了全美几乎所有知名计算机科学家的基础上，经过近四年的工作，于1989年提交并发表了一份《计算作为一门学科》的研究报告。报告中，他们认为计算机科学与计算机工程本质上是相同的，并建议使用计算科学一词涵盖计算这一领域内的所有工作。
- 1990年，ACM和IEEE-CS联合攻关组在“计算作为一门学科”报告的基础上，提交了“计算教程1991”（Computing Curricula 1991，CC1991）报告。报告提取了计算科学中反复出现的12个核心概念，并提出“社会的、道德的和职业的问题”主领域，使计算学科方法论的研究更加完备。

48

计算教程2001（ComputingCurricula 2001，CC2001）

- 1998年，ACM和IEEE-CS建立了计算教程2001（ComputingCurricula 2001，CC2001）联合工作组，并于2001年12月提交了最终报告。该报告分析了自CC1991报告以来近10年的时间里，计算领域中来自技术和文化方面的巨大变化，这种变化对教学设计和教学方法有着深刻的影响。同时将CC1991报告划分的12个主领域扩展为14个主领域，提出了计算机科学知识体（Computer Science Body of Knowledge）的新概念，为计算学科核心课程的详细设计奠定了坚实的基础。
- 此后，ACM和IEEE-CS联合工作组做了大量的工作，将计算学科分为计算机科学、软件工程、计算机工程、信息技术和信息系统等五个分支学科或专业，先后提交了IS2002、SE2004、CE2004、 CC2005、IT2008、CS2008、IS2010和CS2013等报告。

49

CC2001

- 计算机科学（Computer Science，CS）：计算机科学研究的范围很广，从计算理论、算法基础到机器人开发、计算机视觉、智能系统以及生物信息学等，其主要工作包括寻找求解问题的有效方法、构建应用计算机的新方法以及设计与实现软件。计算机科学是计算各个分支学科的基础，计算机科学专业培养的学生，更关注计算理论和算法基础，并能从事软件开发及其相关的理论研究。
- 软件工程（Software Engineering，SE）：软件工程是一门利用系统的、规范的、可度量的方法来开发、运行和维护软件的学科，其主要目标是开发系统模型以及在有限预算内生产高质量的软件。软件工程专业培养的学生，更关注以工程规范进行的大规模软件系统开发与维护的原则，尽可能避免软件系统潜在的风险。

50

CC2001

- 计算机工程（Computer Engineering，CE）：计算机工程是对现代计算系统和由计算机控制的有关设备的软件与硬件的设计、构造、实施和维护进行研究的学科。其主要领域包括计算机系统、电路和信号、人机交互、算法与复杂性以及网络等。计算机工程专业培养的学生，更关注设计并实施集软件和硬件设备为一体的系统，如嵌入式系统等。
- 信息技术（Information Technology，IT）：信息技术是一门针对社会和各企事业单位的信息化需求，提供与实施技术解决方案的学科。其主要工作涉及对计算机软件和硬件、计算机网络等相关技术与产品的选择、评价、集成、应用和管理。信息技术专业培养的学生，更关注基于计算机的新产品及其正常运行和维护，并能使用相关的信息技术来计划、实施和配置计算机系统。

51

CC2001

- 信息系统（Information Systems，IS）：信息系统是指如何将信息技术的方法与企业生产和商业流通结合起来，以满足这些行业需求的学科。其主要领域包括电子数据处理系统、管理信息系统、决策支持系统、办公自动化系统、电子商务与电子政务、商务智能和企业资源规划等。信息系统培养的学生，更关注信息资源的获取、部署、管理和使用，能够分析信息需求和相关商业过程，能详细描述并设计出与目标相一致的系统。

CC2001- 计算科学的14个知识领域

- 离散结构
- 程序设计基础
- 算法和复杂性
- 系统结构和组成
- 操作系统
- 网络计算
- 程序设计语言
- 人机交互
- 图形和可视化计算
- 智能系统
- 信息管理
- 社会和职业论题
- 软件工程
- 计算科学和数值方法

53

CS2013-计算机科学的18个知识领域

- AL - Algorithms and Complexity 《算法与复杂度》
- AR - Architecture and Organization 《体系结构与组织》
- CN - Computational Science 《计算科学》
- DS - Discrete Structures 《离散数学》
- GV - Graphics and Visualization 《图形与可视化》
- HCI - Human-Computer Interaction《人机交互》
- IAS - Information Assurance and Security 《信息保障与安全》
- IM - Information Management 《信息管理》
- IS - Intelligent Systems 《智能系统》

54

CS2013-计算机科学的18个知识领域

- NC - Networking and Communications 《网络与通讯》
- OS - Operating Systems 《操作系统》
- PBD - Platform-based Development 《基于平台的开发》
- PD - Parallel and Distributed Computing 《并行与分布式计算》
- PL - Programming Languages 《程序设计语言》
- SDF - Software Development Fundamentals 《软件开发基本原理》
- SE - Software Engineering 《软件工程》
- SF - Systems Fundamentals 《系统基本原理》
- SP - Social Issues and Professional Practice 《社会问题与专业实践》

55

国内计算学科的发展

- 1956年周恩来总理亲自提议、主持、制定我国《十二年科学技术发展规划》，选定了“计算机、电子学、半导体、自动化”作为“发展规划”的四项紧急措施，并制定了计算机科研、生产、教育发展计划。我国计算机事业由此起步。
- 1956年8月25日我国第一个计算技术研究机构——中国科学院计算技术研究所筹备委员会成立，著名数学家华罗庚任主任。这就是我国计算技术研究机构的摇篮。
- 中国高等学校中最早开展计算机科学与技术人才培养的是：清华大学和哈尔滨工业大学。

56

国内计算学科的发展

- 1956年，根据《1956—1967年十二年科学技术发展远景规划》，我国开始建设计算机专业，到1960年为止共开办了14个计算机专业点。
- 1966-1976年，大学基本上停止正常招生，计算机专业的教育处于停滞状态。
- 1978年，随着十年动乱的结束，国家的工作重点逐步转移到四个现代化建设的轨道上。在国家科委主持起草的《1978-1985年全国科学技术发展规划纲要》中，又把电子计算机列为8个影响全局的综合性课题之一，放在突出的地位，1978-1986年共开办了74个计算机专业点，加上1960年之前建立的14个专业点，共计88个，到1993年时，达到137个。

57

国内计算学科的发展

- 在1999年前，我国的计算机专业被分成计算机及应用（传统意义上的计算机硬件专业）、计算机软件两个专业。
- 从1999年起，按照宽口径培养人才的需要，这两个专业被合并为一个专业，称为计算机科学与技术。随着我国改革开放、大学扩招、信息社会特征的凸显，计算机科学与技术专业飞速发展，至2012年，达到了931个专业点。专业规模的巨大化催生了计算机类人才分类培养的需要。
- 大约在2010年前，包括国家示范性软件学院在内，一些高校开始试办网络工程专业、软件工程专业等，后来又根据国家战略性新兴产业发展的需要建立了物联网工程专业。

国内计算学科的发展

- 2012年，教育部颁布了《普通高等学校本科专业目录》，确定计算机为一个专业类，计算机科学与技术专业为其中的一个专业，计算机专业类包括6个基本专业和一批特设专业。目前计算机类专业共有3349个专业点，计算机科学与技术专业、软件工程专业、物联网工程专业、网络工程专业分别以984、621、529、433个专业点位居专业点数的前4位。
- 从2016年起，又建立了数据科学与大数据专业、网络空间安全专业、新媒体技术专业、电影制作专业和保密技术专业。
- 从社会的整体需求来看，这种发展势头方兴未艾。计算机类专业目前是深受社会欢迎的专业，其就业率和就业质量处于领先地位。

59

中国石油大学计算机科学与技术专业沿革

- 1984年建系，计算机科学系
- 1985年专科招生，计算机及应用专业
- 1987年本科招生，计算机及应用专业
- 1999年更名为计算机科学与技术专业

1.1 计算科学一词的来历

- 狭义的计算科学是指计算机科学与技术一级学科，其研究内容涵盖了对计算问题的一般研究。
- 广义的计算科学除了狭义计算科学的内容，还包括计算作为一个学科类形态所包含的学术范畴和内涵。
  - 学科类形态
    - 理论科学
    - 实验科学
    - 计算科学
  - 仿真模拟训练
  - 仿真模拟核试验

61

第一章 科学哲学的思想方法

- 1.0 计算机的数学起源
- 1.1 计算科学一词的来历
- 1.2 科学哲学与学科方法论简介
- 1.3 一般的科学的思想方法
- 1.4 计算机科学初学者的正确选择
- 1.5 使用本书应该注意的事项

62

1.2 科学哲学与学科方法论简介

- 演绎逻辑主义
  - 19世纪中叶前，自然科学的发展一直是依附在哲学之中的，在亚里士多德时代，自然科学的发展主要从古典哲学中获得科学思想方法，演绎逻辑成为科学发展最重要的逻辑基础，三段论成为判断科学知识真理性的主要方法论工具。
- 逻辑经验主义
  - 17世纪初起，近代自然科学开始形成，科学的发现和科学的发展亟需要拓展科学的思维方式。培根研究了科学方法论，系统地提出了归纳法。
  - 普遍的原理性和定律性知识是由大量来自经验观察的，具体而特殊的知识经归纳得到的，普遍的知识是否可靠依赖于采用的归纳方法是否正确。以后，由于一些科学家进一步的研究工作，形成了历史上著名的逻辑经验主义。

63

局限性

- 哲学的目的在于帮助人们更好地认识真理。
- 演绎逻辑主义的局限性：
  - 方法论没有逻辑上的漏洞，演绎逻辑保证了从真的前提通过演绎方法得到的知识的科学性，但问题是作为科学之基础的前提是什么？它们的真理性由谁来保证？
- 逻辑经验主义的局限性：
  - 其立场有实践上的依据，有自然科学的实证知识作为它的后盾，但在方法论上存在致命不足，归纳法并非处处有效：
    - 从具体的、有限的经验知识永远不可能得出普遍有效的、必然的结论
    - 普遍的真理性知识不能通过有限的经验性知识归纳出来

64

西方哲学的转变

- 本体论
  - 世界的本原是什么
  - 唯物主义
  - 唯心主义
- 经典认识论
  - 人是如何获得知识的
  - 从人们获取知识的过程来研究所获得的知识的真伪
- 知识论
  - 对具体科学知识和获取知识的方法进行研究

65

结论：

- 应该相信科学。认识知识的真理性应该更多地考察科学方法的合理性，因为迄今为止科学方法是我们能够发现具有真理性知识的最高方法（最有效、最可靠的方法——科学主义的观点），但不能迷信科学研究和科学方法，因为科学不是万能的，许多问题的解决必须有赖于科学之外的人文因素（如人的价值观念、精神气质、宗教信仰和文化传统等——人文主义的观点）；
- 不能迷信科学家。无论是谁发现的科学知识，还是得出的科学结论，都需要审视其本身的科学性问题。因为，真理与谬误往往只有一步之差。
- 结果：
- 自然科学的迅猛发展和关于科学知识真理性问题的讨论，促使科学哲学应运而生，迅速发展成为一门学科。

66

科学哲学

- 一般地说，科学哲学包括下列三方面的研究内容：
- (1) 对各门科学的逻辑结构和经验内容的分析，形成专门的科学哲学，如数学哲学、物理哲学等；
  - 接近知识论
- (2) 对科学理论和客观世界的关系进行分析，研究理论对象的“存在”问题和理论陈述的“真伪”问题，这就形成了科学哲学研究对象的本体论的内容；
  - 类似于本体论
- (3) 对科学理论和科学家的关系进行分析，研究科学家认知科学理论和真理的活动的合理性问题，形成了科学方法论的内容。
  - 属于认识论

67

科学哲学

- 科学的认识论、科学方法论和科学的逻辑基础是科学哲学最主要的研究内容。科学方法论的研究与一个具体学科相结合，就产生了学科方法论。
- 学科方法论固然需要研究一个学科具体的各种方法，但它的主要任务不是研究如何建立各学科具体的科学方法，而是要研究学科中不同分支学科领域和方向内一类科学概念、原理、方法、技术的特性，相互之间更为抽象的共同特性、特征，相互之间的关系，以及使用这些概念、原理、方法和技术的更一般化的原则、原理、方法、技术及其合理性问题。
  - 抽象

68

学科方法论

- 学科方法论与学科方法学是两个完全不同的概念。
- 学科方法论属于科学哲学层面和该学科科学哲学的研究范畴，学科方法学则是对该学科范围内一类具体方法进行研究的学问，属于这个学科的研究范畴。
- 例如，程序设计方法学，主要是对各种程序设计方法进行研究，发现和建立新方法，探讨如何运用这些方法获得高质量的程序。而程序设计方法论则不同，它主要以现存的程序设计方法作为自己的研究对象，研究各种方法的概念、原理、特点、特性，相互之间的关系，方法的科学性和合理性问题，研究运用这些方法的更一般性的原则、原理、方法、技术、及其合理性问题，等等。

69

第一章 科学哲学的思想方法

- 1.0 计算机的数学起源
- 1.1 计算科学一词的来历
- 1.2 科学哲学与学科方法论简介
- 1.3 一般的科学的思想方法
- 1.4 计算机科学初学者的正确选择
- 1.5 使用本书应该注意的事项

70

1.3 一般的科学的思想方法

- 面对一个待解决的问题，有没有什么更一般的方式方法或工作原则来指导和帮助我们较好地解决这个问题？
- 科学哲学的思想方法与处理问题方式方法的三步曲：
  - 一个科学的认识：建立在对于事物性质、特点和发展变化规律的深入的认识基础之上；
  - 一套科学的方法：基于科学的认识，通过寻找、建立，改进或引用，发展解决这个问题的一套科学的方法；
  - 一套科学的程序：着眼于具体解决这个问题，在科学认识的基础之上，依据确定的一套科学的方法，制定实际解决问题的一个严密的、科学的程序，确定第一步做什么，怎么做，第二步做什么，怎么做，……，确定每一步怎么检验，出了问题怎么处理，等等。

71

1.3 一般的科学的思想方法

- 一个人只要善于使用这样一种思想（方式）方法开展工作，那么，他在处理科学问题乃至日常事务的过程中往往会做得比较好。有了这样一种认识与实践的方法学概念，我们做什么事情就比较容易做好。
- 回答下列问题可以训练和培养我们科学的思想方法。
- 问题1. 考虑一般情况下，字应该怎样书写才算写得比较好？请总结一下判别字写得好的一般标准与写字应该遵循的准则。
- 问题2. “凡是美的，都是简单的。”这句话对吗？如果认为不正确，请给出反例。如果认为正确，请就这句话结合你的生活、学习经验给出自己的解释，并用自己的一段话对它进行概括。
- 问题3. 数学、逻辑与新闻之间有什么联系？

72

1.3 一般的科学的思想方法

- 问题4. 没有深入，就不可能有真正高水平的创新。但是，一个人读的书越多，思想受到的束缚也可能越多，创新也就变得越困难，这似乎是一个矛盾。怎么认识这一点？
- 问题5. 什么是艺术？请你根据自己的理解和体会给艺术下一个比较准确的定义。
- 问题6. 如何培养创新人才？教师、学生和社会各界应该怎么做，才能说我们在培养创新人才方面做得比较好？
- 问题7. “不识庐山真面目，只缘身在此山中。”请根据这句话的涵义，在你学过的科学知识中寻找一个对应的实例。

73

1.3 一般的科学的思想方法

- 问题8. 有人说，20世纪计算机科学是领头学科，21世纪生物学或生命科学是领头学科，此话对吗？
- 问题9. 一个新的概念、思想、方法、技术或理论，普通人在一时无法通过实验或实践验证的情况下，如何对它做一个初步的判断？
- 问题10. 在计算机科学中，一般认为求解一个问题往往比较困难，但验证一个问题就比较简单。所以，很多人猜测：证比求易。这个讲法是否正确？请用教材以外的实例举证。从这个问题可以联想得出什么新的结论吗？

74

1.3 一般的科学的思想方法

- 有些问题看似与科学无关，实质有密切的联系。解决这些问题与我们的思想方法有关。其中，有些问题的答案并不是唯一的，那么，怎么来判断哪些答案比较能站得住脚，哪些答案存在漏洞，站不住脚呢？
- 进一步，哪些答案比较科学，为什么？哪些答案不科学，又是什么缘故呢？
- 希望大家思考，看能不能给出一些比较好的回答。特别，为什么有的同学回答得比较好，有的同学回答得不太好？有什么原因吗？

75

第一章 科学哲学的思想方法

- 1.0 计算机的数学起源
- 1.1 计算科学一词的来历
- 1.2 科学哲学与学科方法论简介
- 1.3 一般的科学的思想方法
- 1.4 计算机科学初学者的正确选择
- 1.5 使用本书应该注意的事项

76

1.4 计算机科学初学者的正确选择

- 学习中，我们不要求低年级同学广泛借阅图书资料，因为初学者不具备同时掌握几个体系的能力和知识基础。一本好的教材完全能够帮助同学们正确理解书本知识的含义，关键是要多读几遍，多思考，多练习，多总结，多体会，反复多遍。
- 有空把前言、后记看一遍。
- 1.5 使用本书应该注意的事项（略）
- 寒暑假期间，有空再读一遍书。非常多的人读后感到受益很大，更加明确了今后的方向。

77

本章结束

78