



# 计算机科学研究方法

江振然

华东师范大学计算机系





# 提纲



- 本课程教学计划、目的及要求
- **科学研究方法概述**
- 计算机专业人才培养特点
- 科研能力锻炼的途径



# 题记



- 科学研究没有一成不变的方法，也没有万无一失的共同模式，但它是讲究方法的。
- 科研有经验和技巧，但却没有放之四海皆准的经验和技巧。我们应该：借鉴别人，结合自己，走出适合自己的科研之路。





# 治学三境界与创造四阶段



人		燈	那	驀	衆	為	衣	望	獨	昨
生	王	火	人	然	裏	伊	帶	盡	上	夜
三	國	闌	卻	回	尋	消	漸	天	高	西
境	維	珊	在	首	他	得	寬	涯	樓	風
界	人	處			千	人	終	路		凋
	間				百	憔	不			碧
	詞				度	悴	悔			樹
	話									

趙雲  
書法學習基地  
WWW.SHUFAWU.COM





# 治学的三种境界



- 迎着困难，勇于攀登，高瞻远望，苦苦思索，“**独上高楼，望尽天涯路**”；这是处于创造沉思中的情景。这是第一种境界。
- 追求真理，百折不挠，无论多大挫折，终不后退，“**衣带渐宽终不悔，为伊消得人憔悴**”；这是研究探索中的情景。这是第二种境界。
- 几经艰苦奋斗，突然受到启发，顿时恍然大悟，原来事物的奥秘，正隐藏在“**灯火阑珊处**”；这是直觉的顿悟、成功的欢悦的情景。这是第三种境界。



# 治学三境界对应创造三阶段



“三种境界”之说正说明了在科学探索和艺术创作中存在着三个阶段：

- 高瞻远瞩、构想沉思的准备阶段-准备期
- 覃思苦虑、孜孜以求的探索阶段-探索期
- 不断追求、终有顿悟的收获阶段-豁然期



王国维先生的这一论述蕴含着深邃的哲理，其真知灼见发人深思。







# 科学创造四阶段

从事科学研究的人似乎还需要一种境界，即：“行到水穷处，坐看云起时。”（王维诗）。“行到水穷处”可状实践检验，“坐看云起时”则是理论升华。

— 科学研究中第四种境界 —

验证期  
创造性思维豁然贯通仅仅是创造端并不完善管浅失了成果。  
创造的现以么可，篲有力

创造性思维豁然贯通仅仅是创造端并不完善管浅失了成果。  
创造的现以么可，篲有力





# 曹冲称象谈起



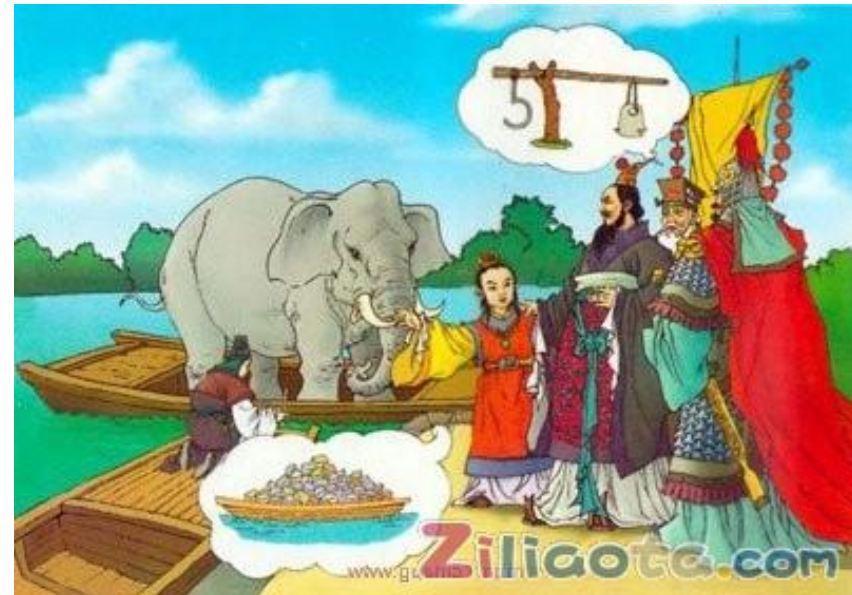
曹冲把一个大象的重量称出来了。

曹冲聪明之处在于：

一有联想才能一见过曹操海上练兵时舰船装上兵员与武器后下沉。曹冲有举一反三的能力。

二有抽象能力一玩过弹弓打鸟，以石计数的游戏。曹冲有以石代象，以石称重的抽象能力。反映了中国孩子的直觉能力。

但曹冲和先人没有把问题从理论上升华提高。曹冲——一个聪明的孩子。







## “曹冲称象”——今人总结的共轭控制方法的先祖

直接称出大象是人们办不到的事，但一块块石头的重量是可以称出来的

1. 曹冲用大船的沉浮先把象的重量变换成石头的重量，这一步用 $L$ 表示
2. 再称石头的重量，这一步用 $A$ 表示
3. 又将石头的重量变换成大象的重量。这一步跟 $L$ 交换恰好相反，我们用 $L^{-1}$ 表示。三步连起来可以写成 $L^{-1}AL$ .

它表示先实行 $L$ ，再实行 $A$ ，最后实行 $L^{-1}$ 。这样就把大象重量称出来了。



数学上一般把 $L^{-1}AL$ 称作A过程的共轭过程。我们将 $L^{-1}AL$ 称为与A共轭的控制方法，它通过L变换和 $L^{-1}$ 变换，把我们原来不能控制的事变为我们可以控制的A过程去完成。A的控制范围在施行了L和 $L^{-1}$ 变换后扩大了。例如：一种混匀固体的方法

。

L - 将固体溶于某种液体，

A - 控制液体混匀的方法，

$L^{-1}$  - L的反变换，将溶液蒸干。

这样 $L^{-1}AL$ 过程就使混合液体的方法扩大了控制范围，用于混匀固体。





# 阿基米德称王冠



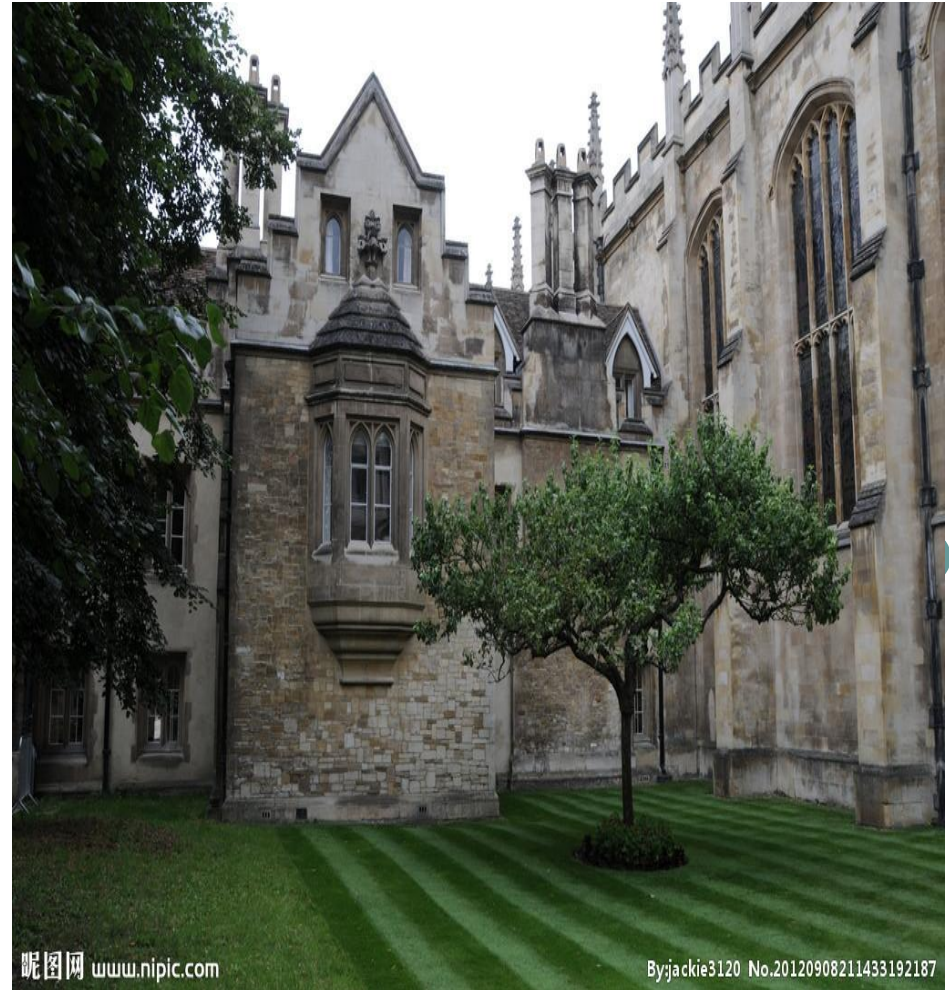
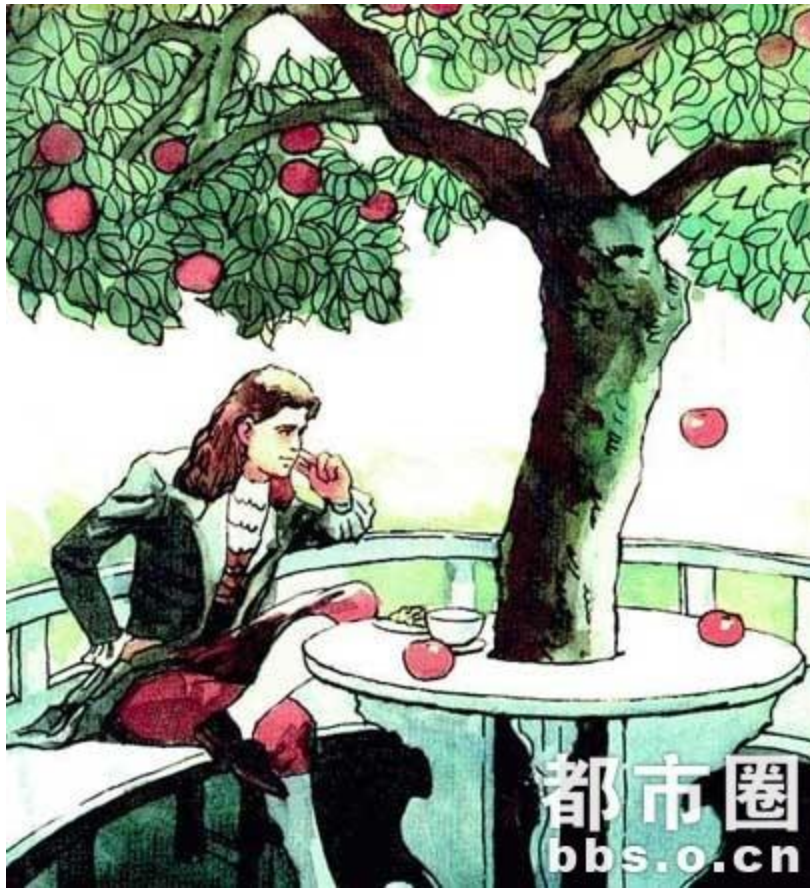
“阿基米德称王冠”一由“现象”（物体浸入水中水溢出现象）到提出“假说”（重量相同、密度不同的金属溢出的水是不同的），解决了实际问题，再进入验证期，将现象升华，归纳为“原理”（后人认为是“定理”、“定律”）

阿基米德不但找到了辨别金王冠中是否掺入了其他金属的方法，而且在他的著作《论浮体》中进一步总结了液体静力学的基本原理—后人称为阿基米德定理。





# 科学需要思考与总结





# 科学需要验证期-爱因斯坦建立和验证广义相对论



- 1913~1915年爱因斯坦在导出协变形式的引力场方程后，等待着实验验证的曲折历程。爱因斯坦预言，从远处的恒星发出的光线，如果过太阳表面，光线必被引力场所折弯。爱因斯坦认为证实这个理论的最后证据只能来自在日蚀过程中拍摄的靠近太阳的星星的照片。
- “为了证实理论的正确性，弗罗因特里希1914年7月率队到克里米亚做日蚀实验，但实验没有做成，他被俄国人当做间谍抓起来。爱因斯坦非常沮丧。
- 直到1919年5月，消息传来，英国的爱丁顿爵士领导的两观测队分别在巴西和西非拍摄的日全蚀照片，其观测结果分别为 $1.61(\pm 0.30)$ 和 $1.98(\pm 0.12)$ 秒弧度。实验与爱因斯坦的预言吻合，爱因斯坦这才松了一口气。与牛顿一样，爱因斯坦成为人类历史上最伟大的科学家。

**科学研究要重视理性思维，  
重视理论升华，重视验证期。**

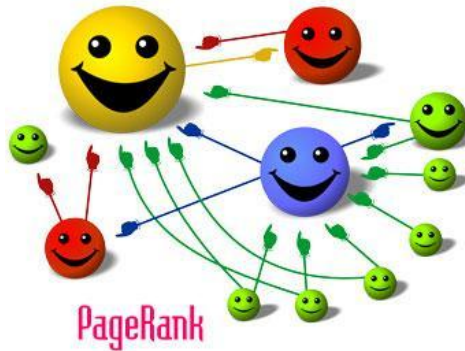
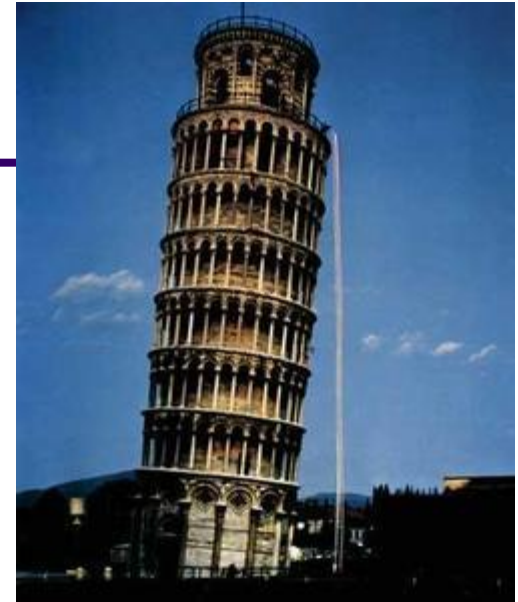




# 科学需要提出合理假设



- 伽利略定律：自由落体运动
- Google：核心技术PageRank



从优质网页链接过来的网页也是优质网页



# 科学家宣布发现引力波 广义相对论最后预言获证实

**当地时间2月11日** 美国加州理工学院、麻省理工学院以及“激光干涉引力波天文台（LIGO）”的研究人员宣布他们利用LIGO探测器于2015年9月14日探测到来自于两个黑洞合并的引力波信号

## 引力波

是一种时空涟漪，如同石头被丢进水里产生的波纹一样。黑洞、中子星等天体在碰撞过程中有可能产生引力波

100年前，爱因斯坦的广义相对论预言了引力波的存在

据估计  
两个黑洞

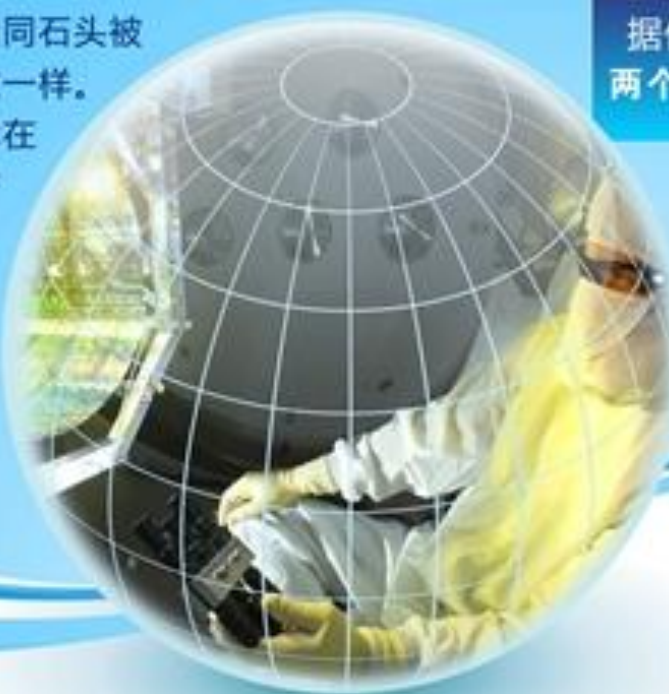
合并前的质量

分别相当于**36个**与**29个**太阳质量

合并后的总质量

是**62个**太阳质量

其中相当于**3个**太阳质量的能量在合并过程中以引力波的形式释放

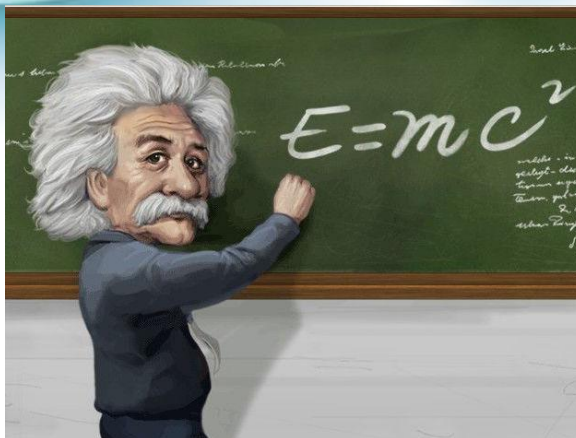


**LIGO探测器**

是美国分别在路易斯安那州利文斯顿市与华盛顿州汉福德市建造的两个引力波探测器



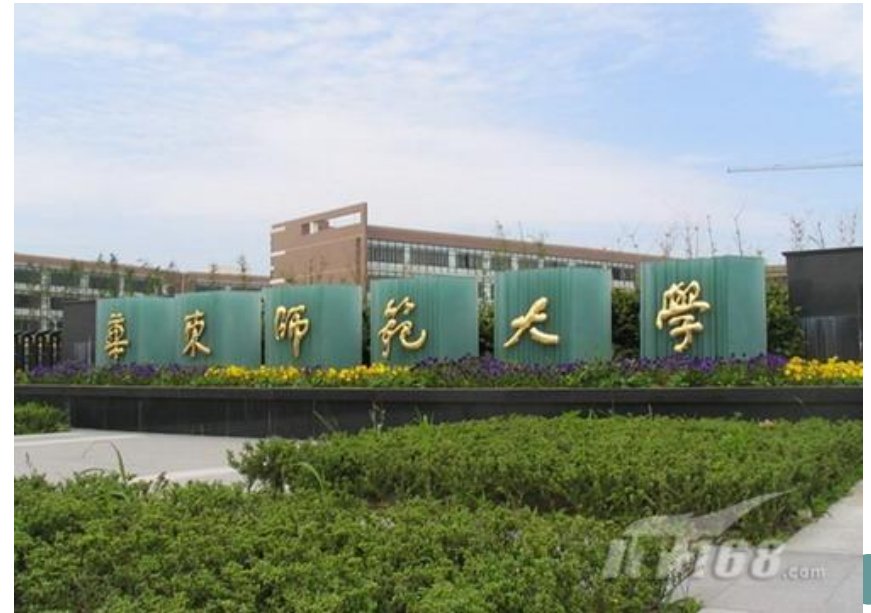
新华社记者 秦迎 编制







# 科学需要理性对待一般规律与个例



与好学校为邻的学校也是好学校?



# 科学与文学艺术的异同



- ◆ 文学艺术重灵感、重形象思维；而科学重实证、重抽象思维，从逻辑方法以及从已有之经验，寻求问题的解答。只有一个经过验证的事物，证明了它的正确性，才能算是完成了一个科学研究的全过程。
- ◆ 李白诗：“白发三千丈。”众人感觉诗人的浪漫，夸张。李明知不符合现实，并不指责诗人。科学家连白发三丈都不能讲，因为没有根据，拿不出证明来。科学讲究实证的。





# 科学研究的基本流程



- 科学问题的提出
- 研究对象的选择
- 研究内容的选择（针对性）
- 技术路线的选择
- 技术方法的选择
- 技术方法的建立
- 实验结果的产生
- 实验结果的总结和分析







# 科学研究成功的几个要素



- 基础：英语、数学、编程、哲学、人文
- 优势：理论？应用基础？软件？硬件？
- 勤奋：吃苦耐劳、连续性、不耻下问
- 效率：聪明、方法、总结、合作
- 创新：意识（交叉）、跳跃式、交流
- 机遇：专业、导师、文献、爱人和家庭





# 科研是件苦差事



- 既是脑力劳动，又是体力劳动。





# 科研要有激情



- No passion, no science!
- 要爱这个事业!
- 科研不仅仅依靠热情
  - 习惯
  - 兴趣
  - 生活





# 科研人的美丽与智慧可以并存





# 研究的观念、态度与方法



- 观念

- 研究是有趣的

- 态度

- 充满好奇心、全力以赴

- 方法

- 功劳 + 苦劳 + 疲劳 = 创新 + 实证







# 提纲



- 本课程教学计划、目的及要求
- 科学研究方法概述
- 计算机专业人才培养特点
- 科研能力锻炼的途径



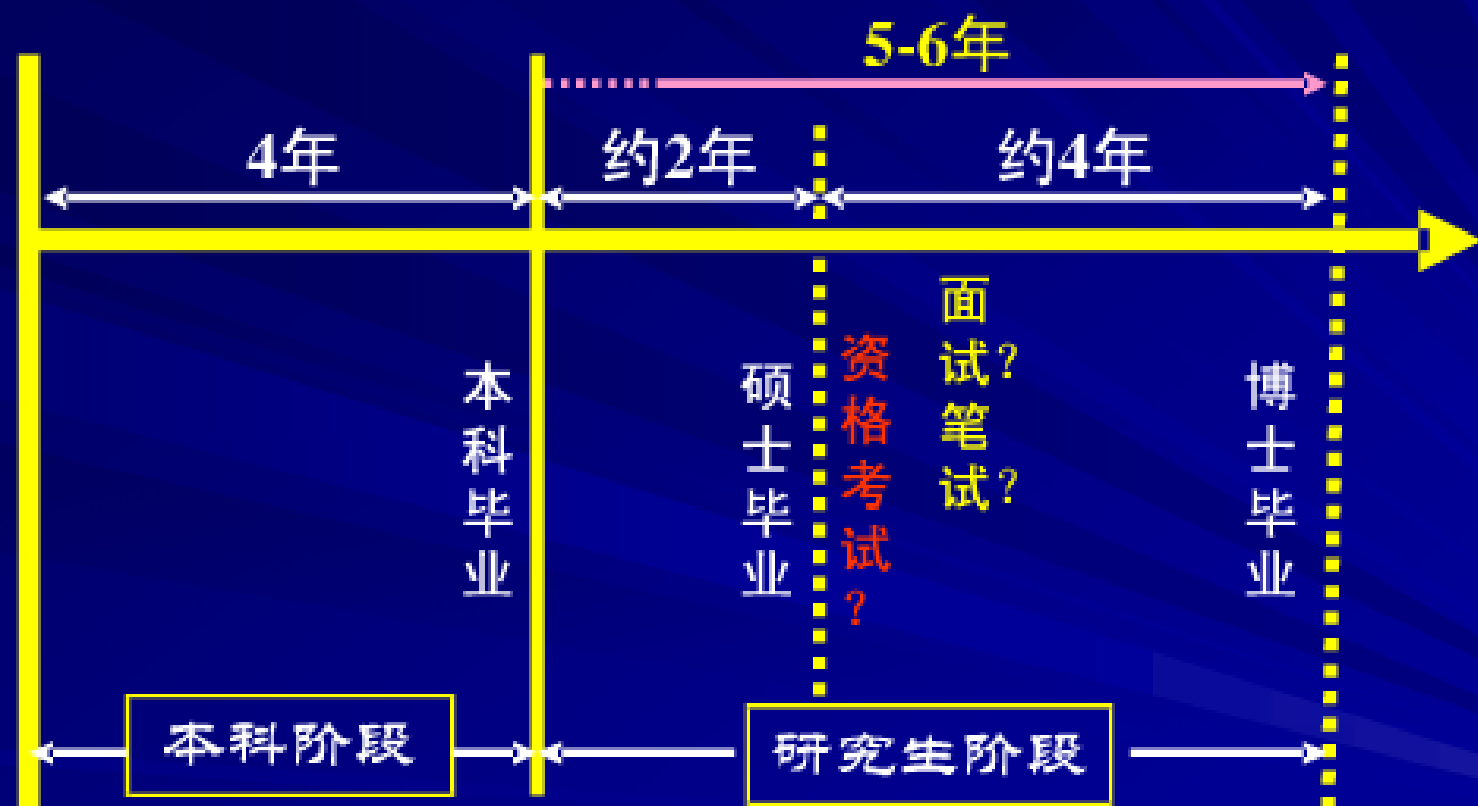


# 计算机专业人才应备的学科能力

## ● 高等教育的基本要求

	知识	能力
	基础理论与专门知识	科学研究与技术工作
学士	较好掌握基础理论、专门知识和基本技能	从事科学研究工作或专门技术工作的初步能力
硕士	坚实的基础理论系统的专门知识	从事科学研究工作或独立担负专业技术工作
博士	坚实宽广的基础理论系统深入的专门知识	独立从事科学研究工作的能力；在科学和专门技术上做出创造性成果

# 本科生、硕士生、博士生学习研究过程示意图



直博  
硕博



免试入学硕士生：读博资格考试：面试？笔试？  
考试入学硕士生：成绩达一定标准后，面试？笔试？



# 计算机专业人才应备的学科能力



## ● 四大基本学科能力



科学型

- 计算思维能力
- 算法的设计与分析能力



工程型  
应用型

- 程序的设计与实现能力
- 计算机系统的认知、分析、开发与应用能力

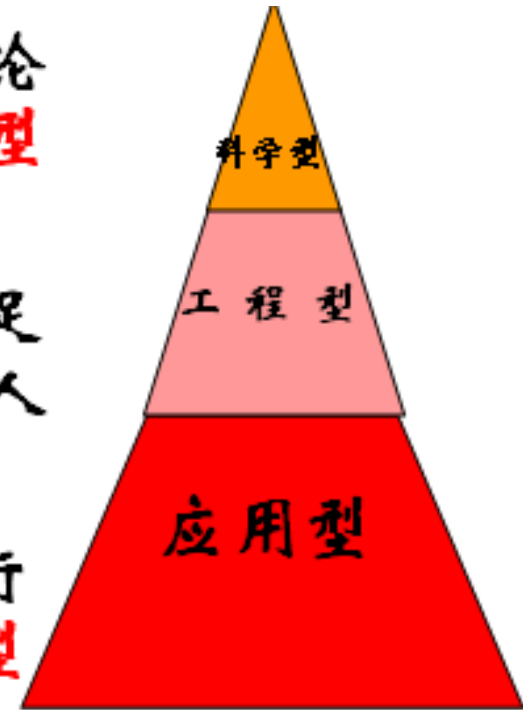


# 我国计算机专业人才的培养体系



## ● 人才需求的金字塔结构

- 国家根本利益：从事基础理论与核心技术的研究——**科学型**人才
- 大部分IT企业：从事开发满足国家需求的产品——**工程型**人才
- 企事业、国家IS的建设与运行（主流需求）——**信息化技术型**人才



人才需求金字塔结构





# 计算机系统四个层次的认识



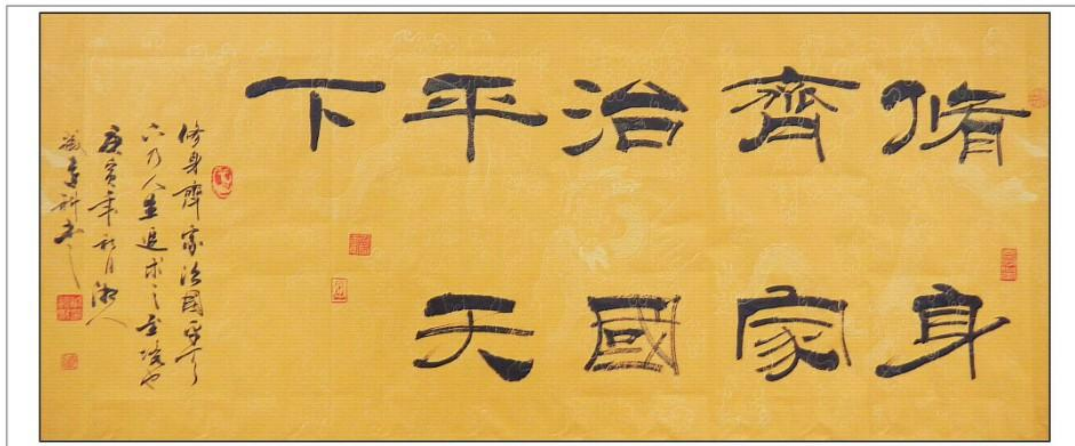
- **哲学**：信息与数字      数字的力量
- **科学**：后图灵理论
- 软硬件的新定义；软硬件互动现象；终极信念
- **技术**：系统结构的AIPSN三角形
- 处理、存储、传输技术前沿与走向
- **应用**：无所不在的计算与后台支持；  
流式多媒体是未来应用的方向



# 研究生期间到底学些什么？

- 课程学习(目前重视不够！)
- 参加科研项目
  - 掌握本学科领域的知识
  - 学习从事科学研究的方法
  - 学会团队合作
  - 学会展示自己的成果，表达自己

研究你自己！





# 研究生应该学会的事情



- 具备在计算机科学领域里分析问题、解决问题的能力
- 具备实践能力
- 具备良好外语运用能力
- 团队精神与组织才能
- 沟通能力与良好的人际关系
- 表达能力
  - 方法：阅读，实践，思考，讨论和请教

成为一个有故事的人



# 写好自己的故事

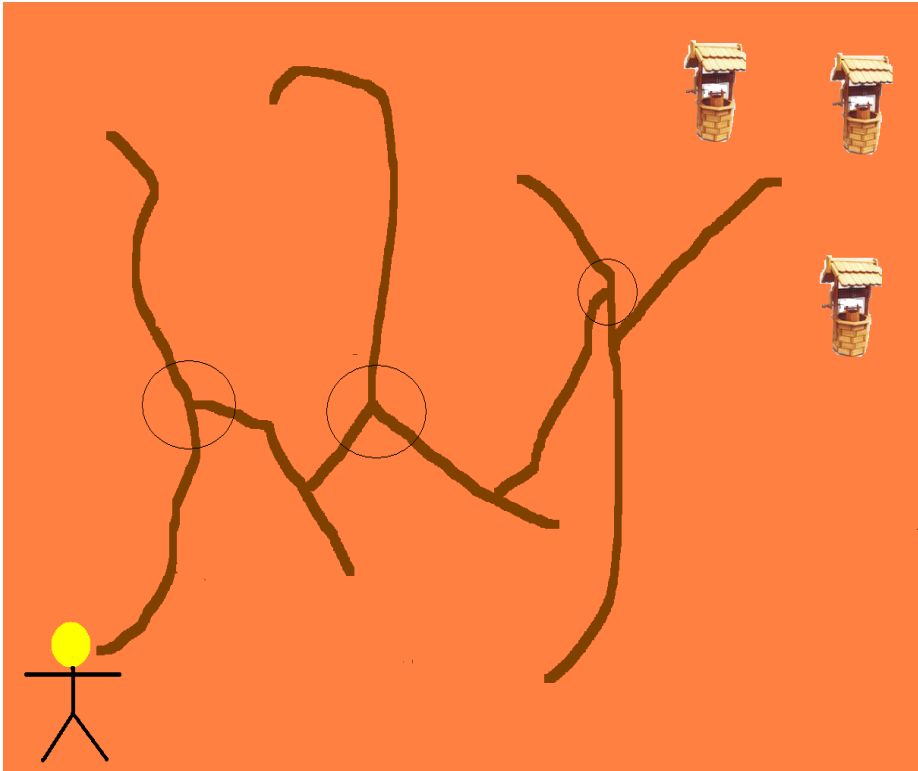


有些故事再听还是感动，  
有些故事再听依然心痛！  
好好把握！





# 何为硕士生的独立工作能力？



举例：假设你要到河对岸取水，途中有许多岔道

- 目标明确（老师给出水井的明确位置）
- 沿着目标方向前进
- 在岔道口做出自己的决定
- 与老师讨论你的决定
- 成果：独立完成工作，并能阐述你的决定的正确性



# 科学研究的基本方法



- 文献阅读
- 选题
- 模型与实验（设计与实现）
- 验证
- 论文撰写
- 论文宣读与交流
- 项目规划与申请





# 学术交流-科研的捷径



- 国内外学术会议.
- 相关技术领域讨论组、E-mail List.
- 清华BBS, 交大BBS, 小木虫论坛（相关技术版、研究生版...）.
- 校内学术讨论会，如学院的学术报告会.
- 对某一个领域都感兴趣的同学或同一个导师的学生组成讨论组.





# ——与同事的合作



- 分工但不分家
  - 目标一致，有全局观念
  - 主动分享结果和经验教训，共同应付困难
  - 多讨论
- 尊重他人的劳动成果
- 提意见要有“艺术”



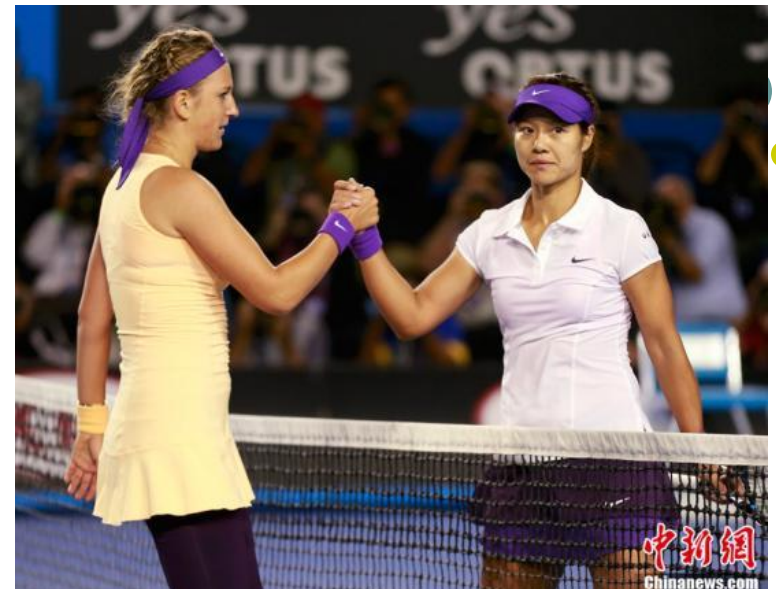




# ——面对困难



- 自信
- 分析原因（思路 or 技术？）
- 多请教
- 要有从头再来的勇气





# 主动思考科学问题



- 拓宽知识面
- 积极参加各种学术活动
- 浏览顶级杂志
- BBS
- 积极提问
  - 敢问 能问 会问





# 提纲



- 本课程教学计划、目的及要求
- 科学研究方法概述
- 计算机专业人才培养特点
- 科研能力锻炼的途径





# 科研能力的培养

---

- 参加一个成功的科研项目中（实验课学不会实验）
- 与导师、同门和其他科研人员的交流
- 仔细观察、虚心学习、不断积累
- 积累、创新和思考“功夫不负有心人”
- 学会等待、妥协与放弃





# 科研能力锻炼几步曲



- 资料阅读，了解该领域背景。
- 搭建试验系统/仿真系统/理论建模，验证前人的结果；验证自己对该领域理解的正确性。
- 对原有资料进行研究验证，改参数；改条件，以期对该系统由更深入理解。
- 提出自己的新见解新想法，并验证。
- 对自己的新想法总结成论文或专利。







# 第一步：资料阅读(1)—资料查找



1. 现有教科书、本专业硕士/博士论文
  - 如果对某领域了解甚少，这是一个系统的了解过程
2. 已发表的会议、杂志论文——科技论文查找方法
3. 已发表的专利文献——专利索引方法

要求：

- 熟悉论文查找方法及途经
- 能够根据关键字找出相应论文



# 资料阅读(2)—资料泛读与精度



- 剔出不相关的论文

快速浏览文献的方法：摘要，小标题，图，公式，仿真/  
实验结果，结论，参考文献列表

- 精读最关键的几篇

- 根据论文引言(Introduction)部分画出该领域发展历程及各种方法的关系图

- 由参考文献得到进一步深入的线索



# 资料阅读(3)—资料归纳整理



- 文献涉及几类方法的归纳总结--画出表示文献相互关系的图
  - 该领域原创人/文章
  - 该领域又分为几个分支，每个分支的原创人
  - 每篇文章在原有文献上的改进点
  - 几篇文章之间的关系
- 写出综述论文
  - 该领域现有方法说明（简述已有文献）
  - 几类方法的比较（自己的观点）
    - 理论同异点/ 实验/实现同异点/ 复杂度/所耗资源分析



## 第二步：搭建实验系统(1) —搭建经典模型

- 基于已有的文章/书籍/资料/设备/工具，建立验证系统
  - 如何利用现有资源搭建验证系统
  - 如何证明搭建的验证系统的正确性
    - ◆ 与理论结果的对比
    - ◆ 与他人结果的互验证
    - ◆ 对可验证参数的验证
    - ◆ 系统工作趋势的验证





## 搭建实验系统(2)—变换参数以考察系统性能

- 利用验证系统，验证一种方法/参数的正确性
  - 分析各种影响因素对所需验证参数的影响
  - 提炼复杂系统中对所分析的参数有影响的参数
  - 如何调节系统得到希望得到的结果
- 掌握编程工具/实验工具
  - 正确编程是关键所在—编程中的错误有时会毁掉一个很好的想法！
- 掌握相关的理论，与实验结果相结合





# 第三步：对实验结果的分析/讨论(1)

- 根据理论/经验判断试验结果是否合理
  - 结果应该出现的状况是什么？
  - 可重复性如何？
- 对于不合理的实验结果找出问题的原因
  - 建模问题？编程问题？新的问发现的现象？
  - 从另一角度出发找出问题，验证问题
- 如何表述实验结果的优/缺点，理论推导优劣
  - 可否有实验现象的理论解释？
  - 实验/系统复杂度？可重复性如何？
- 如何设计新的实验方法以证明/表述某种理论
  - 将现有方法用自己设计的其它方法进行验证
  - 找出他人文章中的错误



## 第四步：提出自己的新建议并加以验证



- 根据前人结果，提出自己的新想法/改进方案
- 如何证明新方案的理论正确性
- 如何实验验证新方案
  - 如何搭建用于验证新方法的平台
  - 如何表现新方法的新颖性
- 如何表述新方案的实质
  - 与现有方法的本质区别



## 第五步：文章/专利撰写（写作技巧）

---

- 将新的方案进行总结归纳、升华
- 提取可以作为专利的成果，写专利报告
- 根据科技论文写作规范写出文章
- 根据贡献大小/文章写作水平，投到合适的杂志/会议
- 处理审稿人意见，对论文进行修正



# 总结



对于博士/硕士毕业的共同要求：

- 资料阅读
- 搭建试验系统/仿真系统/理论建模
- 对原有资料进行研究验证，独立完成科研工作

对于博士论文的更高要求

- 在现有领域上有创新，并能发表创新内容
- 新开辟研究领域





# 如何提高自己的科研能力？

---

## 三个阶段：







---

# 谢谢!

