

讲座提纲

关于科研方法的思考

戴世强

<http://blog.shu.edu.cn/sqdai/>

上海市应用数学和力学研究所
上海大学

2010.5



楔子

- ◆ 时代呼唤大批德识才学兼备的科技英才；
- ◆ 机遇只垂青于那些懂得怎样追求她的人；
- ◆ 工欲善其事必先利其器，方法极其重要；
- ◆ 正确运用科研方法可收到事半功倍之效；
- ◆ 学科带头人必须率先遵守科研道德规范。





大 纲

- 一、 引言
- 二、 科研工作者必备的素质
- 三、 科研工作的准备
- 四、 科研工作方法要点
- 五、 科研工作的组织
- 六、 结束语





一、引言

- ◆ 科研工作者为什么要掌握科学方法论？
- ◆ 科研工作要取得优秀业绩应做怎样的准备？
- ◆ 科研工作的基本方法和技巧是什么？
- ◆ 作为学科带头人，怎样组织科研攻关？



关于科学

- ◆ 定义——科学是由建立在经验和逻辑基础之上的关于自然界的各种现象及其相互关系的普遍性和精确性陈述构成的有组织的知识。
- ◆ “科学是寻求我们感觉经验之间规律性关系的有条理的思想。它是直接产生知识、间接产生行动的手段。”

——爱因斯坦

- ◆ “科学就是整理事实，以便从中得出普遍的规律或结论。”

——达尔文





一、引言

关于科学

◆科学的内涵

- 1、科学是系统化理论化的知识体系；
- 2、科学是创造知识体系的认识活动；
- 3、科学是一种社会机制。



关于科学研究

◆ 自然科学研究的任务:

1、对未知的自然领域进行研究探索，以揭示和掌握自然界各种事物的本质和运行变化规律——**基础研究**；

2、研究如何将科学研究的成果转化
为生产力和物质产品——**应用基础研究**。





一、引言

关于科学研究 名人名言：

“观察自然，研究它们所生的万物；追求万物，推究其普遍或特殊的关系；再想法抓住自然界的秩序，抓住它行进的方向，抓住它发展的法则，抓住那些变化无穷的构成自然界的秩序所用的方法；这些工作在我看来，乃是追求真实知识的唯一法门。这等工作还能给我们以真正的益处；同时还能给我们找出许多最温暖、最纯洁的乐趣，以补偿生命场中不能避免的苦恼。”

——拉马克 (J. Lamarck)



关于方法：

◆ **方法**——为达到某种目的采取的途径、手段或策略

◆ 方法 (method) 探源：

希腊语： $\mu \epsilon \tau \alpha$ (沿着) + $\omicron \delta \omicron \varsigma$ (道路)

→ $\mu \epsilon \tau \omicron \delta$ (途径、方法) → method

中文：

《墨子·天志》：量度方形之法 → 知行之法





一、引言

关于科学方法：

- ◆ **科学方法**：认识自然或获得科学知识的程序或过程，是从科学认识过程中总结出来的规律，是具有普遍性的方法。





一、引言

科学方法的分类：

按普遍程度分三个层次

- ◆ 第一层次：各个自然科学门类的特殊研究方法；
- ◆ 第二层次：各门自然科学中的一般研究方法；——本讲座的主要关注点
- ◆ 第三层次：普遍性的哲学方法。





一、引言

科学方法的分类： 按本身特点分为

- ◆ 经验认识方法；
- ◆ 理论思维方法。

两者无明确界限，相互交织。通过前者获得最基本的研究材料，通过后者从中提取相关信息，上升为科学假说或理论。彼此相辅相成，互为补充。





一、引言

科学方法的分类： 按研究对象分为

- ◆ 物质科学方法（用于物质和非生命系统）
- ◆ 信息科学方法（用于信息和程序系统）
- ◆ 生命科学方法（用于生命系统）
- ◆ 意识科学方法（用于人类意识活动和人工智能系统）
- ◆ 人体科学方法（用于人体研究）



科学方法论的内涵：

- ◆ 研究探讨科学研究活动本身的一般规律及一般方法，以及人类认识客观事实的基本程序及一般方法。既研究个别特殊研究方法的规律性，也研究这些方法整体上的相互联系。





一、引言

科学方法论的重要性

名人名言

“在科学领域，方法至为重要。一部科学史，在很大程度上就是一部工具史，这些工具——无论有形或无形——由一系列人物创造出来，以解决他们遇到的某些问题。每种工具和方法都是人类智慧的结晶。”

——萨顿 (G. Sarton)

“科学是随着研究方法所获得的成就而前进的。”

——巴甫洛夫 (I. P. Pavlov)





一、引言

方法论的重要性：

名人名言

“跛足而不迷路的能赶上虽健步如飞但
误入歧途的人。”

——培根 (F. Bacon)

“科学方法是通向绝对知识或真理的唯
一入口和唯一道路。……整个科学的统一是
在于其方法而不在于材料”

——皮尔逊 (K. Pearson)





一、引言

方法论的重要性：

名人名言：

吾尝终日而思矣，不如须臾之所学也；
吾尝歧而望矣，不如登高之博见也。登高而
招，臂非加长也，而见者远；顺风而呼，声
非加疾也，而闻者彰。假舆马者，非利足
也，而致千里；假舟楫者，非能水也，而绝
江河。君子生非异也，善假于物也。”

——荀况





一、引言

1. 科学研究必须有正确的方法

名人名言：

“未来的研究工作者多数不是天才，给这些人以若干科研方法的指点，较之听任他们凭借个人经验事倍功半地去摸索，应有助于他们早出成果。”

——贝弗里奇 (W. I. B. Beveridge)

“如果在实践中有可能通过研究方法的指导来缩短科学工作者不出成果的学习阶段，那么，不仅可以节省训练的时间，而且科学家做出的成果也会比用较慢方法培养出来的科学家多得多。”

——贝弗里奇





一、引言

1. 科学研究必须有正确的方法

名人名言：

“初期研究的障碍，乃在于缺乏研究方法。无怪乎人们常说，科学是随着研究方法所获得的成就而前进的。研究方法每前进一步，我们就提高一步。因此我们头等重要的任务是制订方法。”

——巴甫洛夫





一、引言

2. 掌握方法比掌握知识更重要

爱因斯坦的观点“方法比知识更重要”充分说明了掌握科研方法的重要性。

名人名言：

“良好的方法能使我们更好地发挥运用天赋的才能，而拙劣的方法可能阻碍才能的发展。因此，科学中难能可贵的创造性才华，由于方法拙劣可能被削弱，甚至被扼杀；而良好的方法则会增长、促进这种才华。”

——贝尔纳 (C. Bernard)





一、引言

2. 掌握方法比掌握知识更重要

素质教育要点：教给学生知识，不如教会学生掌握和应用科研、学习方法重要。

名人名言：

“科学知识是点成的金，最终有限；科学方法则是点石成金的手指，可以产生无穷的金。”

——蔡元培

“认识一位天才的研究方法，对于科学的进步并不比发现本身更少用处，科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。”

——拉普拉斯 (P. S. Laplace)





一、引言

3. 完善自身知识体系从事创造性科研的必由之路

名人名言：

“我们每个人手中都有一把自学成材的钥匙，
这就是：理想、勤奋、毅力、虚心和科学方法。”

——华罗庚

“具有丰富知识和经验的人，比只有一种知识和经验的人更容易产生新的联想和独到的见解。”

——泰勒（E. L. Taylor）





一、引言

案例分析：

近代科学方法奠基人伽利略的科研方法

伽利略在力学研究中以实验方法为中心，还综合运用逻辑方法、观察方法、抽象方法、数学方法等基本方法，为近代力学和物理学开了先河。以自由落体研究为例，这是伽利略力学研究的突破口。

亚里士多德的错误观点：落体以匀速下落，速度与落体的重量成正比。





一、引言

案例分析：

伽利略创立自由落体理论的过程

- ◆ 步骤一：伽利略采用逻辑方法，设计了一个“思想实验”：用短绳系住重量不同的大小石块，使之自由下落，按亚里士多德观点导得矛盾；
- ◆ 步骤二：伽利略采用观察方法，1589年进行了比萨斜塔落体试验，观察到10磅的球与1磅的球同时落地；





一、引言

案例分析：

伽利略创立自由落体理论的过程

- ◆ 步骤三：伽利略进一步采用实验方法，设计了一个“冲淡引力”的斜面滑落实验。因比萨斜塔仅56米，落体落地过快不易看清。在斜置光滑槽内滚下，引力“减少”，实验发现，大小球滚动速度相同，且与斜面夹角无关。
- ◆ 步骤四：伽利略做了单摆实验，发现只要摆长相同，摆动速度就相同。与摆重无关；





一、引言

案例分析：

伽利略创立自由落体理论的过程

- ◆ 步骤五：伽利略运用数学方法，确定了下落高度与加速度、时间的依赖关系。从而彻底否定了亚里士多德的错误观点；
- ◆ 步骤六：伽利略进一步运用实验方法，设计了双斜面滚球实验，并用抽象方法，发现了惯性原理（牛顿第一定律）。





二、科研工作者的必备素质

名人名言：巴甫洛夫的临终遗言

“我对我国有志于科学的青年有什么祝愿呢？首先，**循序渐进**。我一说起有成效的科学工作者这一最重要的条件时就不能不情绪激动。循序渐进，循序渐进，循序渐进……在未掌握前一项时决不开始后一项。但是切勿成为事实的保管员。要透彻地了解事物的奥秘，持之以恒地搜寻支配它们的法则。第二，**谦虚**……切勿狂妄自大、目空一切。由于狂妄，在必须同意他人时你会固执己见，你会拒绝有益的、善意的帮助，你会丧失客观的头脑。第三，**热情**。记住：科学是要求人们为它贡献毕生的。就是两次生命也不够用。在你的工作和探索中一定要**要有巨大的热情。**”





二、科研工作者的必备素质

科研工作者必须德识才学兼备

- ◆ 德，指的是道德；
- ◆ 识，指的是胆识；
- ◆ 才，指的是才干；
- ◆ 学，指的是学问。





二、科研工作者的必备素质

德识才学兼备的标准：

- ◆ 爱国敬业的献身精神和臻于完美的道德品质；
- ◆ 高屋建瓴的远见卓识和洞若观火的大局观念；
- ◆ 卓越非凡的观察、实验、推理、分析、操作的
实际才干；
- ◆ 丰富渊博的学问根底和牢固扎实的知识基础。





二、科研工作者的必备素质

美德的标准：

爱国敬业、锐意创新、
求真务实、无私无畏

科学开拓者的品格：

持之以恒的事业心
百折不回的进取心；
迎战困难的决心；
难以满足的好奇心；
循序渐进的耐心；
服从真理的平常心





二、科研工作者的必备素质

卓识的标准：

目光锐利、大局在握、
胸有成竹、运筹帷幄

科学帅才的风度：

以洞察全局的心胸掌握科学发展态势；
以与时俱进的眼光把握科研前沿方向；
以只争朝夕的心态果断进行决策行动；
以匠心独具的慧眼抓住核心实质问题。





二、科研工作者的必备素质

高才的标准：

明察秋毫、思维活跃、
善于实践、方法精当

科研实干家的才华：

善于发现问题、归纳问题；
善于解决问题、阐释问题





二、科研工作者的必备素质

博学的标准：

博大精深、融会贯通、
纵横捭阖、运用灵活

大学问家的底蕴：

终生学习，博览群书，
一业为主，博采众长。





二、科研工作者的必备素质

德识才学的关系：

- ◆ “德”是指挥部，做出正确的战略指导；
- ◆ “识”是参谋部，指引正确的主攻方向；
- ◆ “才”是战斗队，开展有效的战术行动；
- ◆ “学”是后勤部；提供必要的智力保障。





二、科研工作者的必备素质

德识才学的关系：

有才无德，则贻害无穷；
有德无才学识，则有志难成；
有才无识，则只能蝇苟于雕虫小技；
有才无学，则难以创业；
有学无才无识，则只能空怀满腹经纶，孤芳
自赏。





二、科研工作者的必备素质

德识才学的关系（古训）：

“夫才须学也，学贵识也。才而不学，是为小慧；小慧不识，是为不才。”

——章学诚（清）

“夫有学无才，犹愚贾操金，不能殖货；有才无学，犹巧匠无榱桷斧斤，弗能成室。”

——刘知几（唐）

“学如弓弩，才如箭簇。识以领之，方能中鹄。善学邯郸，莫失故步；善求仙方，不为药误。我有神灯，独照独知，不取亦取，虽师勿师。”

——袁枚（清）





三、科研工作的准备

科研工作的六大环节：

学习——选题——调研——
立题——运作——总结

前四个环节属于准备阶段，而“学习”是贯穿始终的基本环节。





三、科研工作的准备：学习

基本环节——学习

1. 夯实基础，厚积薄发；
2. 带着问题，追求学问；
3. 孜孜不倦，终生学习；
4. 不取亦取，虽师勿师。





三、科研工作的准备：学习

学习五忌：

- 1) 通盘接受，食古不化；
- 2) 死记硬背，头脑僵化；
- 3) 贪多求全，难以消化；
- 4) 时停时续，漫无计划；
- 5) 追求细节，漠视方法。





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“所谓在科学上成年人思维上的发展，只能到达青年时期打的基础所能到达的高度的说法，确实有一定的道理。”

——贝弗里奇

“成功的科学家往往是兴趣广泛的人。他们的独创精神可能来自他们的博学。”

——贝弗里奇





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“具有正确的研究观点的人养成这样的习惯，把书上所言同自己的知识经验加以比较，并寻找有意义的相似处。这种学习方法也是形成假说的一种方法。”

——贝弗里奇

“读书时不要尽信书上所言，……而要推敲细思。”

——F. 培根





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“要有知识积累，才能无往而不胜。”

——郭永怀

“学习是享受，学无止境。”

——王淦昌

“平居有古人，而学力方深；落笔无古人，而精神始出。”

——袁枚





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“可能有人说我这个钱伟长是有才能的，其实不然。我愿意不隐讳地告诉青年朋友们，如果我曾作出了一点成绩的话，那么这点成绩也确确实实是用艰苦学习、不懈努力取得的。……这几十年来，无论在国外还是在国内，也无论条件好坏、环境优劣，我都一直是尽力而为的。因为我清楚地知道，任何人，不管他的天资如何，成就多么大，只要停止了努力就不能继续进步。今天不努力，明天就落伍；长期不努力，那就必然完蛋！正因为我坚守这个信念，二十多年来虽然经受了各种各样的磨难，但我从未放弃过努力，所以我自信在专业上没有掉队。”

——钱伟长





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“我28岁学力学，44岁学俄语，58岁学电池知识。不要以为年纪大了不能学东西，我学计算机是在64岁以后，我现在也搞计算机了，当然不像年青人那么好，不过也吓不倒我。真理只有一条，国家需要你干，你就学。可有个基础，这个基础是靠你们在正规的教育里培养的，不要轻视了基础。没有我当时的物理、数学、化学的基础，我现在就什么也干不了，学什么东西都有困难。所以，我不是天才，我的学习是非常勤奋的，我发现很多东西我还不懂，需要，我就学。”

——钱伟长





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“到现在晚上八点以后是我的自学时间，一直到12点。晚上最安静，我可以安安静静地自学，获得我所不懂的东西。我毕竟是有经验，自学得很快，这是我长期锻炼出来的。我可以说不，我没有懒过，我的知识没有老化。”

——钱伟长





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“我有很多20年前、40年前不懂的东西，现在还不懂，我有功夫再把它们拿出来解决，有的解决了，我觉得就是很大贡献；有的没解决，有时晚上还经常在想，怎么这个问题到现在还没解决？不要紧，将来有人解决。学问就是这样，应该觉得自己不懂的东西很多，那你就是很有学问；你觉得什么东西都懂，你大概是没有学问的。”

——钱伟长





三、科研工作的准备：学习

前辈教诲：

“自学要有本事，第一是会找资料，你需要的资料。第二是自己会读这些资料，能很快从这些资料中最核心最有用的东西，能整理得有条有理，跟原来学的东西挂上钩。第三是要有眼光，能够看到进一步发展的景象。有了这三个能力，你就永远不会落伍，一直到退休为止。”

——钱伟长





三、科研工作的准备：选题

选题五原则：

1. 必须有前沿性；
2. 必须有新颖性；
3. 必须有重要性；
4. 必须有原创性；
5. 必须有可行性。





三、科研工作的准备：选题

选题四忌：

1. 方向陈旧，拾人牙慧；
2. 雕虫小技，哗众取宠；
3. 动态不明，仓促上阵；
4. 目标过大，难以胜任。





三、科研工作的准备：调研

调研要领：

1. 面向实际，细致观察
2. 细查文献，详略有致（精读与略读）
3. 统揽全局，明确方向
4. 抓住要害，穷追猛打





三、科研工作的准备：调研

前辈教诲

“你要解决一个问题，就需要收集情况，也需要向已经写出的书本学习，要向许多庞杂的资料进行学习，还要到现场去看问题发生的情况，背景怎么样？这样才能弄清楚这个问题的本质，才能想出处理这个问题的方法，……”

——钱伟长





三、科研工作的准备：调研

前辈教诲

“论文要常常看，而且要会看，因为论文涉及第一线问题，有的部分你看不懂，因为你没有学过这一方面的东西，怎么办？跳过去。大的东西理解了，小的东西自然会解决，你走路用不着等路上的小石头都捡完了再走，不需要的，跳过去，绕过去，爬过去就行了。总的你要掌握，不要一字一句都去抠，你没有那么多时间。念论文注意那么几条：要节省时间，抓它最重要的东西，抓这篇论文的特色；文中提出什么新观点，这你非要理解不可；用了什么新方法，老方法你不用看；得到了什么结论，好的文章会讲还遗留了什么问题，也应注意。”

——钱伟长





三、科研工作的准备：立项

立项要点：

1. 正确把握定位，做力所能及的事情；
2. 明确主攻方向，有限时间完成有限目标；
3. 合理分解课题，提出分段实现的目标；
4. 制定研究方案，精心安排各项计划；
5. 提出课题申请，争取多方支持。





三、科研工作的准备：立项

写课题申请书五招：

- 1) **言简意赅地写好立项依据。**从实际和理论角度阐明本项目意向、立题意义、国内外动态、预期产生的效果。第一小段（100-200字）为“项目眼”，相当于新闻报道中的“新闻眼”（新闻导语），概括点明上述各项，下面再展开；所述的国内外研究动态必须正确、具体；立项意义要强调迫切性、可用性，但不宜夸大。





三、科研工作的准备：立项

写课题申请书五招：

- 2) 鲜明生动地写好研究内容。突出地罗列申请的特色和创新点（即与众不同之处）及技术路线。课题申请特别重视创新，强调做国内外前人没做过的工作，即，有前沿性和开创性的工作；叙述内容时应避开艰涩深奥的术语堆砌，技术路线要具有可信性和可行性，切忌过分抽象；要用心铺叙拟解决的关键问题，强调独特性。





三、科研工作的准备：立项

写课题申请书五招：

3) 实事求是地写好研究基础。说明：
自身素质和经历、何时开始关心、注意该课题、有何高师指点、已获何种成绩（列出本人论文总篇数及与申请有关的篇数和篇名，别列出不相干的论文），突出你的种种优势，使人相信此类项目非你莫属，由你来做最合适；但也要避免列出本人太多的成果，不然有人说，你都已经做完了，干吗还来申请？





三、科研工作的准备：立项

写课题申请书五招：

4) 画龙点睛地写好内容提要。不要超过规定字数，可与上述“项目眼”适当重复（最好用不同的语言），使人看了提要后，后面内容不看也行。通常最后才写提要。





三、科研工作的准备：立项

写课题申请书五招：

5) 恰如其分地表述申请内容。既不过于张狂，也不必过于谦恭。尽量做到叙述生动、具体，切忌罗嗦、重复；要有一种平常的申请心态，切莫急于求成，要做到不达目标，决不罢休。这样，你就不会夸大事实、急于表现，也不会过分谦让、底气不足、畏缩不前；允许自己申请失败一两次，失败了总结经验，来年再杀“回马枪”。





三、科研工作的准备：立项

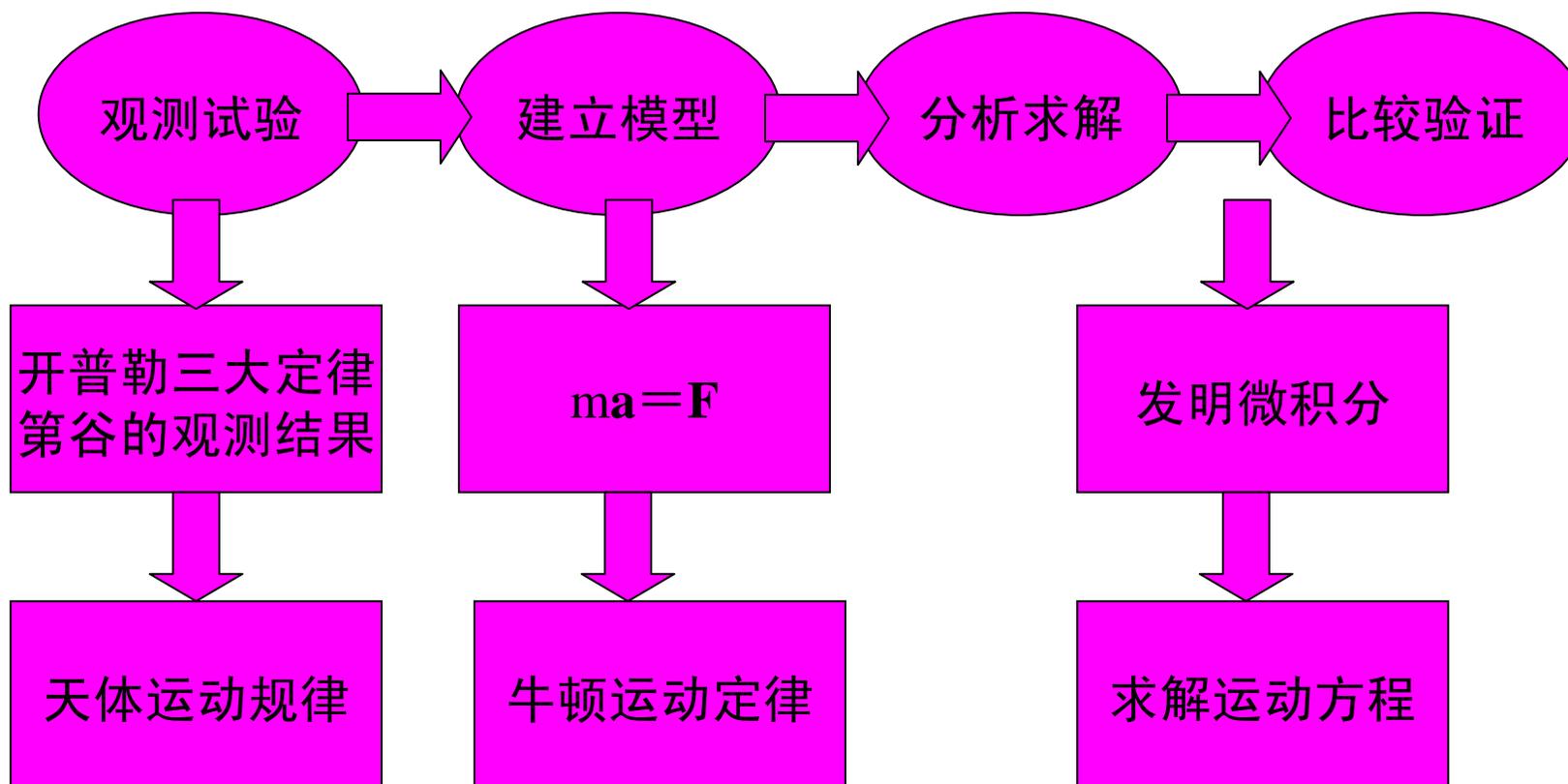
研究生开题报告六要点（参考提纲）：

- ◆ 研究目标
- ◆ 立题依据（理论意义、应用背景）
- ◆ 国内外研究动态
- ◆ 研究方案、技术路线
- ◆ 关键问题和可能难点
- ◆ 预期计划（调研、初稿、定稿、预答辩、答辩等项的时间节点）





四、科研工作的方法要点：应用数学过程





四、科研工作的方法要点：应用数学过程

建模的基本步骤：

- 1) 透彻了解所处理的问题；
- 2) 分析对结果产生影响的主要因素；
- 3) 抓住关键因素提出基本假设；
- 4) 选用合适的数学工具进行表述。





四、科研工作方法要点：技巧

八大主要科研技巧：

- ◆ 基于实验；
- ◆ 专于机遇；
- ◆ 长于假说；
- ◆ 乐于想象；
- ◆ 勤于顿悟；
- ◆ 精于推理；
- ◆ 勇于攻关；
- ◆ 善于总结。





四、科研工作方法要点（I）：实验

实验要领：

（实验包括现场观测、实验室实验、数值实验）

1. 有明确的目的性；
2. 有准确性和排他性；
3. 有简单性和可行性；
4. 有可再现性和鲁棒性；
5. 注意结果的正常性和反常性。





四、科研工作方法要点（I）：实验

前辈教诲：

“实验有两个目的，……：观察迄今未知或未加解释的新事实；以及判断为某一理论提出的假说是否符合大量可观察到的事实。”

——杜波斯（R. J. Dubos）

“应该尽可能在研究工作的开头进行一项简单的关键性实验，以判断所考虑的基本架设是否成立。”

——贝弗里奇





四、科研工作方法要点（I）：实验

实验的计划和实施：

- ◆ 确定总体目标；
- ◆ 完成设施准备；
- ◆ 小型简单实验；
- ◆ 正式规模实验；
- ◆ 数据处理整理；
- ◆ 具体结果分析。





四、科研工作方法要点 (I)：实验一案例

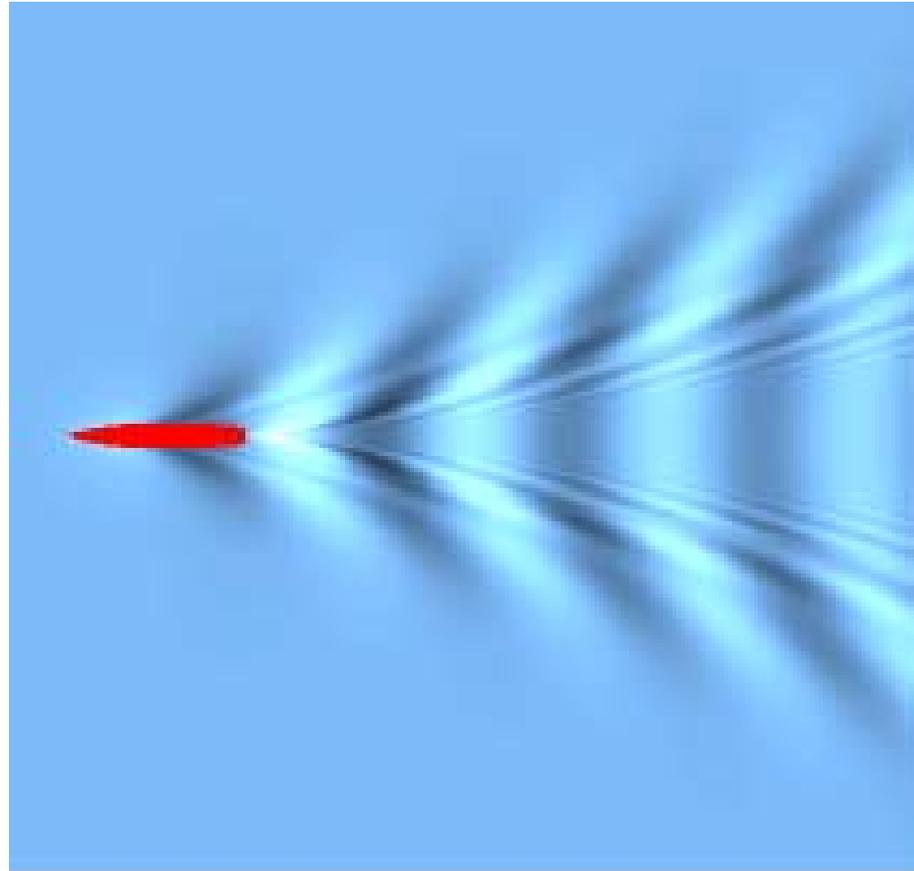


Kelvin波观察



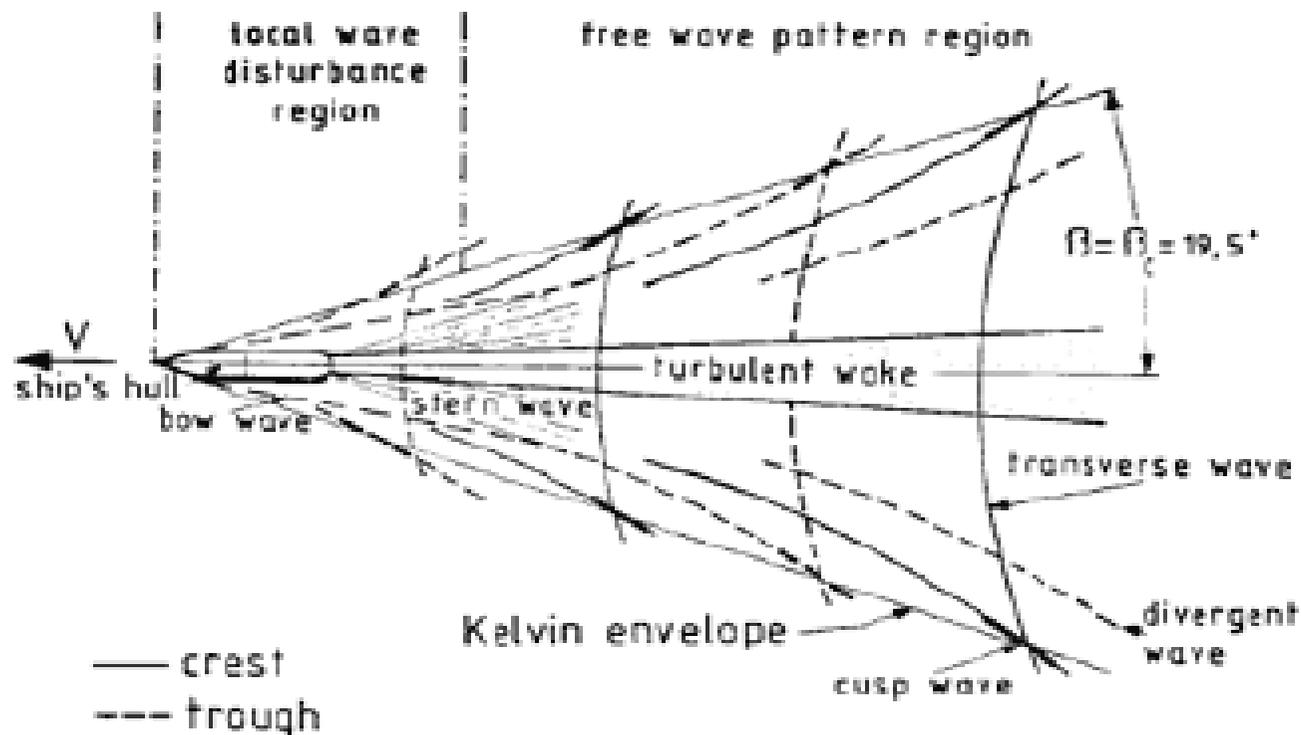


四、科研工作方法要点（1）：实验一案例



Kelvin波实验





Kelvin波理论分析





四、科研工作方法要点（II）：机遇

偶然的机遇导致重大发现的实例：

- ◆ 弗莱明发现青霉素；
- ◆ 伽伐尼发现电流；
- ◆ 奥斯特发现电磁感应；
- ◆ 伦琴发现X射线；
- ◆ 詹纳发现牛痘疫苗；
- ◆ 赫歇尔发现天王星；

.....





四、科研工作方法要点（II）：机遇

抓住机遇的必要条件：

- 1) 有扎实的知识基础，对可能的反常现象能做出及时反应；
- 2) 要有海阔天空的、不拘一格的想象力，善于进行创造性思维。

◆ 赫歇尔发现天王星就是典型例子。





四、科研工作方法要点（II）：机遇

前辈教诲：

“人们猜想，对大自然最细微逸出常规举动十分注意，并从中得益，这种罕见的才能是否就是最优秀研究头脑的奥秘，是否有些人能出色地利用表面上微不足道的偶然事件而取得显著成果的奥秘。在这种注意的背后，则是始终不懈的敏感性。”

——格雷格（A. Gregg）





四、科研工作方法要点（III）：假说

假说技巧要点：

- 1) 发挥想象能力，大胆假设；
- 2) 运用各种技巧，小心求证；
- 3) 随时摒弃谬误，服从真理；
- 4) 不断更新观念，修正设想；
- 5) 及时总结经验，推陈出新。





四、科研工作方法要点（III）：假说

前辈教诲：

“假说是研究工作中最重要的智力活动手段。”

——贝弗里奇

“没有大胆的猜测就没有伟大的发现。”

——高斯（C. F. Gauss）

“过于相信自己的理论或设想的人，不仅不适于作出新发现，而且会做很坏的观测。”

——贝尔纳（C. Bernard）





四、科研工作方法要点（III）：假说

前辈教诲：

“我一贯力求思想不受拘束，这样当某一假说为事实证明错误时，不论我对自己的假说如何偏爱，我都放弃它。我想起哪一个最初形成的假说不是在一段时间过后就被放弃，或被大加修改的。”

——达尔文（C. R. Darwin）





四、科研工作方法要点（IV）：想象

想象（=创造性思考）的来源：

- ◆ 困难的刺激；
- ◆ 好奇心的激励；
- ◆ 讨论的启迪。

创造力 = 知识量 × 发散型思维





四、科研工作方法要点（IV）：想象

前辈教诲：

“有了精确的实验和观测作为依据，想象力便成为自然科学理论的设计师。”

——廷德尔（J. Tyndall）

“要真正做到多思，我们必须甘心忍受并延续那种疑惑的状态，这是对彻底探究的动力，这样就不至于在未获充足理由之前接受某一设想或肯定某一信念。”

——杜威





四、科研工作方法要点（IV）：想象

前辈教诲

“牛顿从落下的苹果想到月亮的坠落问题，这是有准备的想象力的一种行动。根据化学的实际，道尔顿富于建设性的想象力形成了原子理论。戴维特别富有想像力；而对于法拉第来说，他在全部实验之前和实验之中，想像力都在不断起作用并指导着他的全部实验。作为一个发明家，他的力量和多产，在很大程度上应归功于想像力给他的激励。”

——廷德尔





四、科研工作方法要点（IV）：想象

前辈教诲

“具有丰富知识和经验的人，比只有一种知识和经验的人更容易产生新的联想和独到的见解。”

——泰勒（E. L. Taylor）





四、科研工作方法要点（V）：顿悟

- ◆ **顿悟**——突然跃入脑际的、能解决问题的观念或思想。或谓直觉。
- ◆ **科学创造心智过程**（Poincare）：
对问题的长时间思考——“脑风暴”
——平凡的观念组合——涌现非凡的新观念、新思想（也可能出现在脑风暴平息后的无意识状态中）。





四、科研工作方法要点（V）：顿悟

顿悟产生的必要条件及其利用：

- 1) 对问题的持续自觉思考（思想准备）；
- 2) 排除一切干扰的思虑（排他性思维）；
- 3) 无中断之虞的外部环境；
- 4) 有张有弛的思维（存在无意识状态）；
- 5) 与他人的思想接触，碰擦“火化”（讨论、阅读等）；
- 6) 随时记录顿悟结果。





四、科研工作方法要点 (V)：顿悟

顿悟成功的例子：

- ◆ 阿基米德发现阿基米德定理；
- ◆ 达尔文顿悟生物进化论；
- ◆ 华莱士顿悟“适者生存”；
- ◆ 庞加莱演绎非欧几里德几何变换方法；

.....





四、科研工作方法要点（VI）：推理

推理的种类：

- ◆ 演绎型推理；
- ◆ 归纳型推理；
- ◆ 类比型推理；
- ◆ 归谬型推理。





四、科研工作方法要点 (VI)：推理

演绎型推理的路线：



从一般到特殊 (因→果)





四、科研工作方法要点（VI）：推理

演绎型推理的实例：几何学公理化

基本概念：基本元素（点、线、面）

基本关系（结合、顺序、合同）

基本公理：结合公理

顺序公理

合同公理

平行公理

连续公理

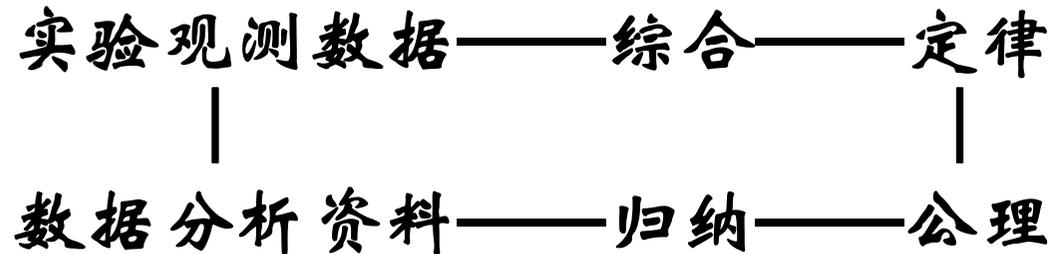
（参看希尔伯特：《几何学基础》）





四、科研工作方法要点 (VI)：推理

归纳型推理的路线：



从特殊到一般 (果→因)





四、科研工作方法要点（VI）：推理

归纳型推理的实例：

开普勒定律的建立

第谷的天文观测数据 →
开普勒的归纳和整理 →
行星运动三大定律





四、科研工作方法要点（VI）：推理

推理要领：

1. 推理需要充分的知识基础；
2. 推理需要反复深入的思索；
3. 推理需要基于正确的假定；
4. 推理需要正确的逻辑思路；
5. 推理切忌违反思辩规律（如不能将事实混同于对事实的解释等）。





四、科研工作方法要点（VII）：攻关

科研工作的困难：

1. 科研工作的本性：对未知的探索；
2. 习惯势力和传统观念的阻遏；
3. 真理与谬误的共存。

正确的态度：

知难而进，坚忍不拔，从善如流





四、科研工作方法要点（VII）：攻关

前辈教诲：

“科学上没有平坦的大道，真理长河中有无数礁石险滩。只有不畏攀登的采药者，只有不怕巨浪的弄潮儿，才能登上高峰采得仙草，深入水底觅得珍珠。”

——华罗庚





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

总结=成果表述：论文、报告、专利

总结的基本原则：

1. 实事求是；
2. 准确全面；
3. 鲜明生动；
4. 言简意赅。





四、科研工作方法要点（VIII）：总结

科技写作“八股”：

标题——摘要——引言——正文——
结论——致谢——文献——附录





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

1) 标题：概括全文要旨

- ◆ 不宜过长、过短：合适的长度——
中文10-15个字；英文12-20个词；
- ◆ 切忌抽象空泛；
- ◆ 切忌罗嗦冗长；
- ◆ 忌用缩略语；
- ◆ 少用专业特殊符号





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

2) 摘要：概述方法、结果： 100-150 个词

- ◆ 不必大段叙述工作的意义；
- ◆ 不要写得太短；
- ◆ 突出工作进展；
- ◆ 不要引用文献；
- ◆ 避免引述公式、方程。





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

3) 引言：继往开来的陈述

——工作的缘起和意义、前人的思路和成果、本人的发展（包括方法和主要成果）。篇幅约占全文的1/5

- ◆ 切忌忽略前人的进展；
- ◆ 切忌忽略本人工作的继承性和创造性；
- ◆ 切忌重复摘要中的叙述；
- ◆ 切忌过于简短。





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

4) 正文：成果的全面铺叙

——实验、观测的设施、过程；建模的假定、表述；研究方法；演绎过程；结果分析。

- ◆ 切忌忽略工作的前提条件；
- ◆ 切忌过于细腻、拖沓；
- ◆ 切忌混淆本人和前人的工作；
- ◆ 切忌单纯陈述，忽视分析、深化。





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

5) 结论

——综述本文成果并展望未来工作

- ◆ 切忌简单地重复摘要和引言中的语言；
- ◆ 切忌武断、草率、目空一切；
- ◆ 展望中保护自己的知识产权。





四、科研工作方法要点 (VIII)：总结

6) 致谢：

感谢资助单位和帮助过你的主要人员。

7) 参考文献

- ◆ 引用足够数目的文献（一般论文：10-20篇），且必须在文章中提及；
- ◆ 注意文献的代表性、经典性、新颖性。

8) 附录：

重要的、须陈述的演绎过程（包括公式推演、重要程序等）。





五、科研工作的组织

学科带头人应有的品格：

1. 德识才学兼备；
2. 良好的组织调度能力；
3. 无所不在的亲合力；
4. 一流的表述能力；
5. 吃苦在前，享乐在后。





五、科研工作的组织

科研组织工作要点：

1. 合理整合课题组人力；
2. 人尽其用，各得其所；
3. 有难同当，有福共享；
4. 定期交流，营造浓厚的学术气氛；
5. 绝不把组员当作廉价劳动力；
6. 身先士卒，率领大家冲锋陷阵。





六、结束语

1. 研究方法研究是一门深邃的学问；
2. 以上所述仅仅起抛砖引玉的作用；
3. 大家应各自创造适合自己的方法；
4. 大千世界变幻无穷，方法无定规；
5. 期待着涌现德识才学兼备的英才！





Thank you!

