

# 物理创新基本原理与经验传承



林磊

美国加州圣何塞州立大学

中国科学院物理研究所

中国科协中国科普研究所

- 中国古代有科学吗？
- 中医是科学吗？
- 为什么创新这么困难？
- 中国人的祖先是谁？
- 中国文化对创新有利吗？
- 中国物理研究什么时候开始？
- 中国物理学之父是谁？
- 目前是创新的黄金时代吗？
- 谁应做物理研究, 谁应离开？

# 创新在中国

**2005**（10月8-11日）

十六届五中全会：把增强**自主创新**能力作为科学技术发展的战略基点和调整产业结构、转变增长方式的中心环节。

**2015**（5月7日）



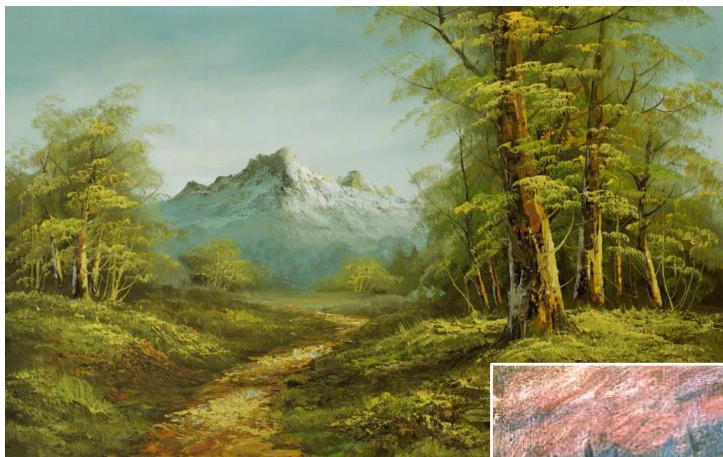
**李克强视察物理所：**  
基础科学研究的深度  
广度决定国家原始创  
新活力。

**2016** 大众**创新**, 万众创业。促进以创新驱动的**经济结构转型**升级

创新是那门学问？

# 艺术创新

不需验证



写实主义



印象主义



现代主义

需短期验证



脸书

好玩



发现空白



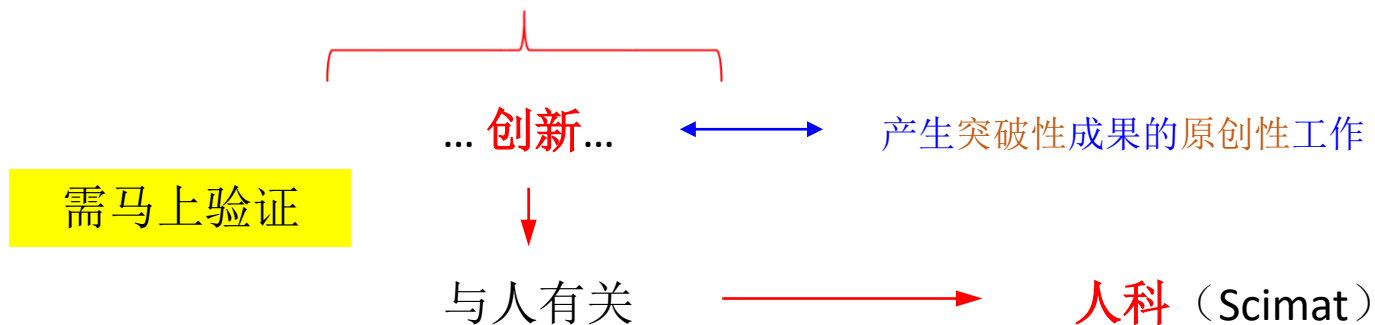
填补空白



# 科学创新

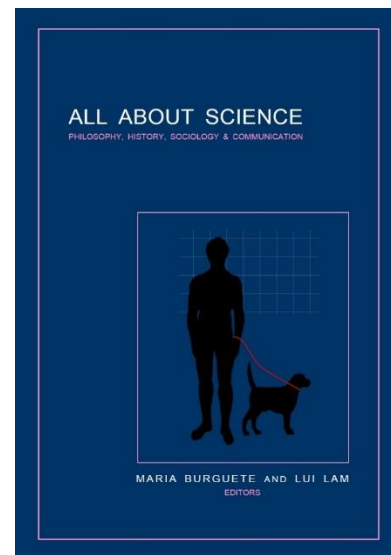
**科学**是人类了解自然界的研究（而不引入上帝或超自然的假设）

科学有两部分：科学研究过程 + 科学成果

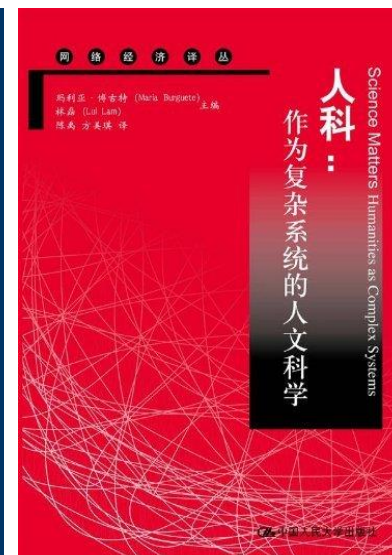


创新之道是人科的一门！

人的事情是概率性的，总有例外！



2014



2013

易

## 诺贝尔物理学奖



### 诺贝尔奖总数

China	8
India	8
Japan	23
USA	353

China	4	(杨振宁、李政道、崔琦、高琨)
France	12	
Germany	24	
India	2	(Raman 1930)
Japan	9	(Yukawa 1949, Tomonaga 1965)
Netherlands	10	
Russia	11	
United Kingdom	24	
United States	85	



# 难

1. 没有：《葵花宝典》 → 依书练功 → 东方不败



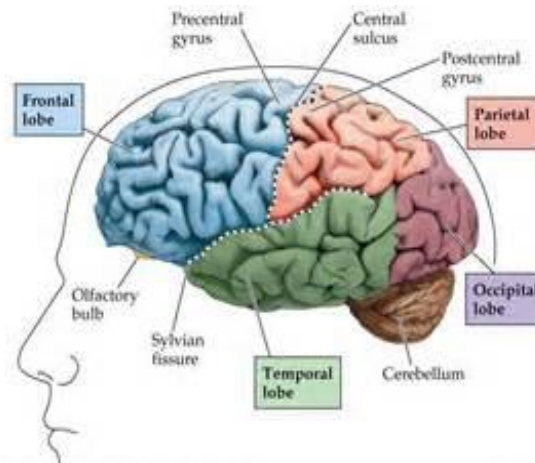
2. 不能作假（与出文章不同）
3. 不能预测（谁做？做啥？何时？）

个人与组织只能创造条件  
提高创新的成功率！

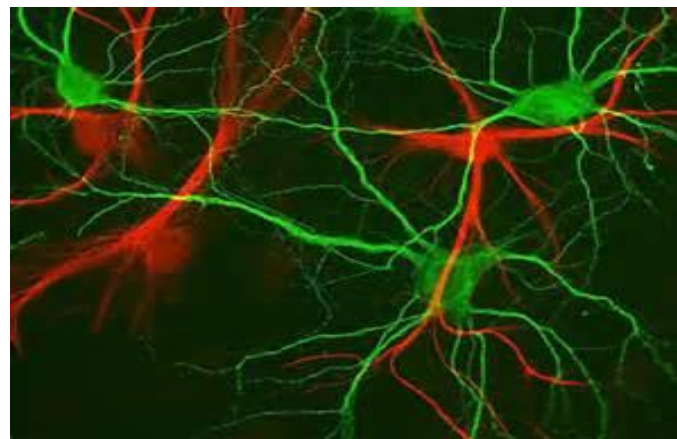
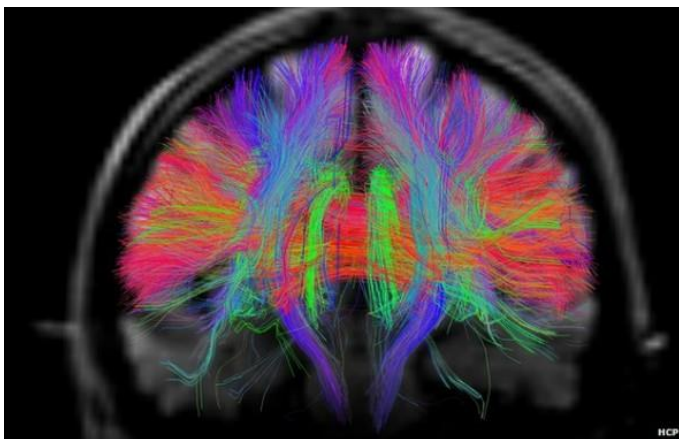
# 创新的科学

# 认知与神经科学

**认知科学**研究人脑与心智关系，1950年代开始（包括哲学、心理学、人工智能、神经科学、语言学、考古学等）。



**神经科学**从神经系统出发，研究认知活动的生物学（细胞、分子生物学）机制，开始于19世纪末神经元的发现。包括神经人文学（哲学、音乐、宗教、艺术史、...）。



# 创新的科学

- 左腦管语言、逻辑思维、理性。右腦管创意、想象、感性。

- 思维： 10% 有意识； 90% 潜意识（→ 单靠聪明不能创新）

- 创意的产生 { 环境触发（多在创新开始）  
密集的思维 + 潜意识引发的思维飞跃（多在创新途中）

↳ 间遏放鬆的必要



创新不是一个纯推理过程（用到左腦右腦，牽涉理性与感性）

## 与常理相反关于创新的实验结果

- 个人思维比集体思维有效
- 单干比团队有效
- 小团队比大团队有效
- 奖金有害

### Innovation process

- Janusian
- Sepcon
- Homospatial

- ***Flight from Wonder: An Investigation of Scientific Creativity***, A. Rothenberg (Oxford U P, 2015)
- ***The Creative Crisis: Reinventing Science to Unleash Possibility***, R. B. Ness (Oxford U P, 2015)
- ***How to Fly a Horse: The Secret History of Creation, Invention, and Discovery***, K. Ashton (Doubleday, 2015)

# 大型实验

- 2015 诺贝尔物理学奖 (发现中微子振荡)



Takaaki Kajita



Arthur McDonald



Super-Kamiokande 中微子探测器基地，位于 1,000 米深废弃矿井内。探测器 10 层楼高，装 50,000 吨水



费米实验室主导的探测器



## 小型实验



Andre Geim



Konstantin Novoselov

- 2010 诺贝尔物理学奖 (造出单原子层石墨烯)



是来自小型实验的创新与经济直接有关！

兩人送给斯德哥尔摩诺獎博物馆的一塊石墨、膠纸分配器、石墨烯半导体

# 创新的优化

## 作为个人

在中国，创新阻力不在钱投入太少，而在束缚科研人员的因素太多

- 掌控自己的时间（简化生活，不做饭、适度休息、少出文章、…）
- 不从众（不做热门课题除非你有独到的想法）
- 别跟队（别用人家的方法做同样题目除非…）
- 多试、多“玩”（跟兴趣走、好玩为要、检讨失败）
- 及早自立门户
- 体力（保持健康）

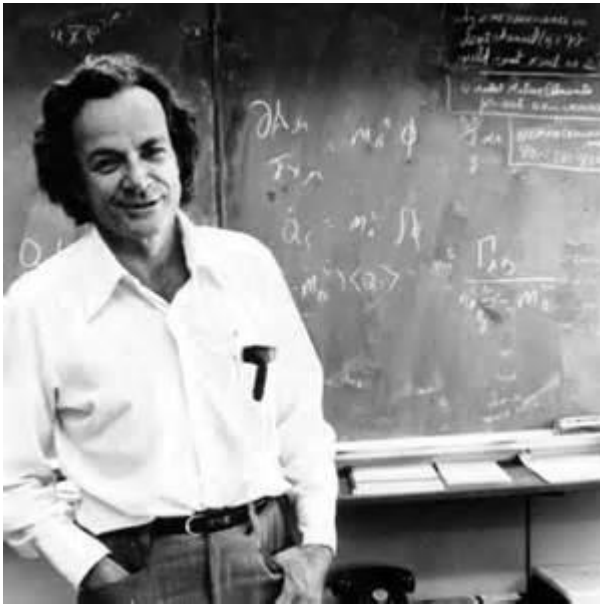
### 选题

1. 先决定不做什么
2. 后决定要做什么
3. 选有决定性影响的题目
4. 不单为可出文章而做

## 作为组织

- 继续做好大型实验、国家实验室的工作
- 为支援个人做好准备
- 保护独立异行的个人
- 把众人基本工资提到中上水平
- 别添乱（别数文章，别把学术做假定义得太窄）

Richard Feynman 1918-1988



125 publications  
54 technical papers

1938

[1] With M.S. Vallarta.  
Scattering of cosmic rays by  
the stars of a galaxy. **Phys. Rev.**  
55: 340-343.

1948

[7] Space-time approach to non-relativistic quantum  
mechanics. **Rev. Mod. Phys.** 20: 367- 387.

[8] A relativistic cut-off for classical electrodynamics.  
**Phys. Rev.** 74: 939-946.

[9] Relativistic cut-off for quantum electrodynamics.  
**Phys. Rev.** 74: 1430-1438.

1949

[10] With J.A. Wheeler. Classical electrodynamics in  
terms of direct interparticle action. **Rev. Mod. Phys.** 21:  
425-433.

[11] With N. Metropolis and E. Teller. Equations of state  
of elements based on the generalized Fermi-Thomas  
theory. **Phys. Rev.** 75: 1561-1573.

[12] The theory of positrons. **Phys. Rev.** 76: 749-759.

[13] Space-time approach to quantum electrodynamics.  
**Phys. Rev.** 76: 769-789.

1988

[122] An outsider's inside view of the Challenger  
inquiry. **Physics Today** 41(2): 26-37.

## 少出文章有利创新

- 个人每年能出众多文章是1970年代有了个人计算机（PC）之后的事情

研究、出文章、创新是三种不同的概念

科学研究的目的是为了了解自然、好玩，出文章不是目的，是副产品

出文章与创新是两码子事！

- 并非不断出文章，其中一篇就会是创新文章。
- 相反，出文章耗时间、体力，妨碍创新！
- 所以，有了研究结果不一定要发表。

（如 Feynman 只发表重要成果， Ken Wilson 有几年没有文章。）



- 2016年诺贝尔生理学/医学奖
- 大隅良典出文章不多
- 日本2000年后平均每年获1个诺贝尔奖。值得调研一下

# 数文章与创新

水不涨船高

无关创新



文章与酒

无法创新



怡情

文章适量



縱酒

文章超多



喪尸

文章做假

打仗、种糧、**创新** (不同于出文章) 做假不得!

哥伦比亚大学

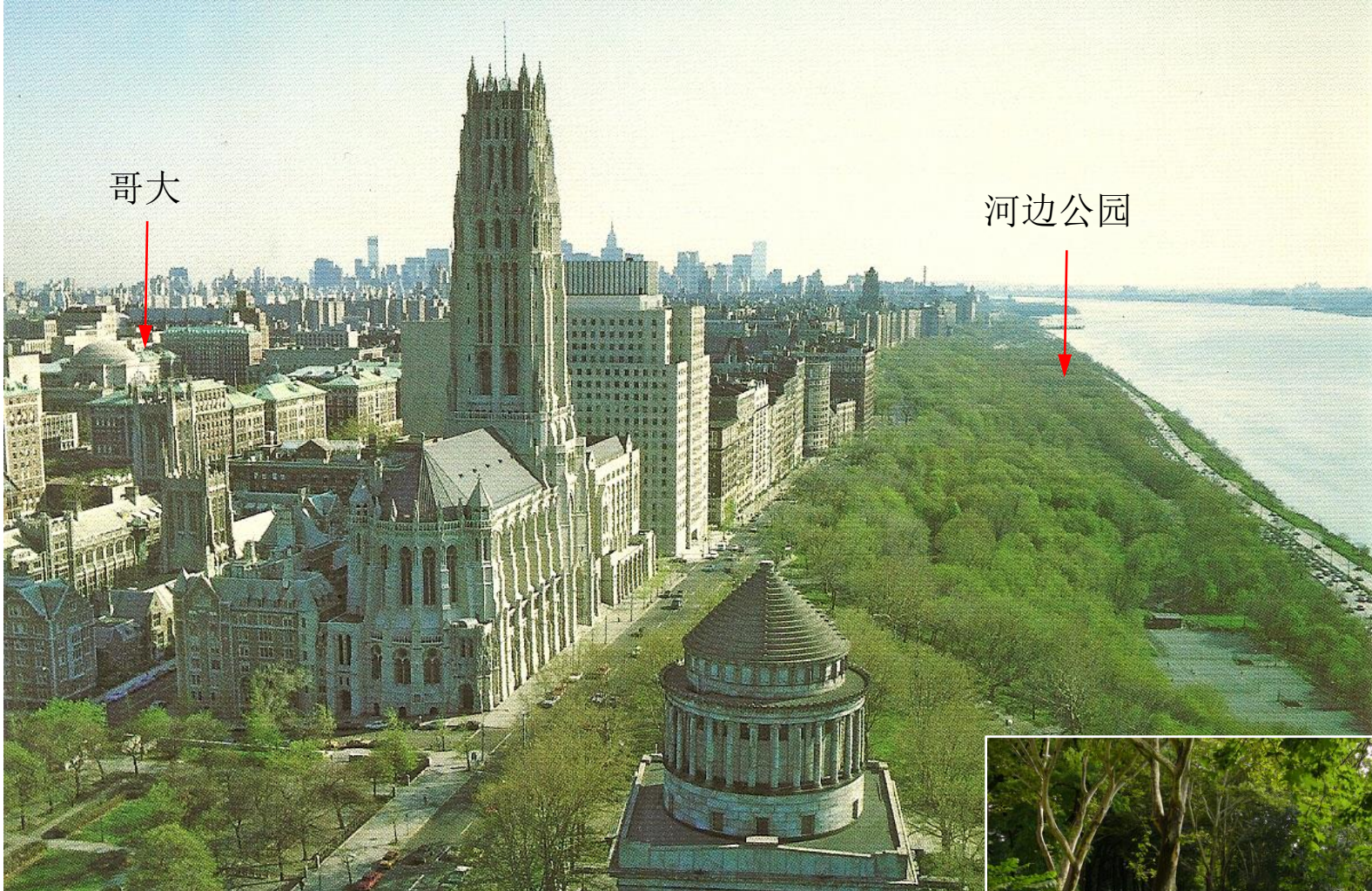


# 校园



↑  
Pupin Hall (物理系)





哥大

河边公园



## 历史

- 1892 物理系建立
- 1899 美国物理学会在此成立
- 1920s I. I. Rabi 博士毕业，游学欧洲，回来带起哥大和美国的物理界
- Fermi、Townes 曾在此工作，还有李政道、吴健雄等
- 29 个诺贝尔奖（13个理论，16个实验； 11个哥大博士， 10个在Pupin做的）

## 培养创新之道

- 严格筛选（每年收90博士生，1年后淘汰2/3）
- 充份自由（实验研究生除外）
- 独立工作（毕业后马上能战）
- 以身作则（非书本上能学）

**主要心得：** 远离潮流，开创自己的领域，要做就做到世界第一！



# 贝尔实验室

# 新泽西州 Murray Hill



半导体诞生处 (1947)

1942 成立



## Alexander Graham Bell

Leave the beaten track occasionally and dive into the woods. You will be certain to find something that you have never seen before.

Bell Labs, Murray Hill 入口处



# 贝尔实验室的创新

## 历史

- 1925 建立（曾称“贝尔电话实验室”等）
- 8 个诺贝尔物理奖诞生于此
- 发明：射电天文学、半导体、激光、信息理论、CCD、激光冻结和捕获原子，发现：宇宙大爆炸、分数量子霍尔效应等，还有：计算机 C、C++ 语言
- 1984 AT&T 电话公司被政府强行分割（实验室走向衰落，Phil Anderson 离开到普林斯顿大学；1982 分数量子霍尔效应，1985 激光冻结和捕获原子）

## 成功之道

- 钱超多（1981: 16 亿美元，国家管不了的“国家实验室”，比大学高的工资）
- 足够大（1960年代：1500人做研究）
- • 高水平管理层（对物理有品味、感觉，宽松与严谨并重的管理，不数文章）
- 进入严格（首两年淘汰，实质上的“终身聘用制”，让科学家有安全感）
- 不向外申请经费（→ 机动性，相对自由的选题和组合）
- 理论与实验结合（有理论家领导的实验组）
- 不鼓励对外合作（→ 自主性，鼓励内部交流 ← 狭小的办公室和实验室）
- 内部公开，团结一致（办公室不上锁，每个人的职称都是 staff member）

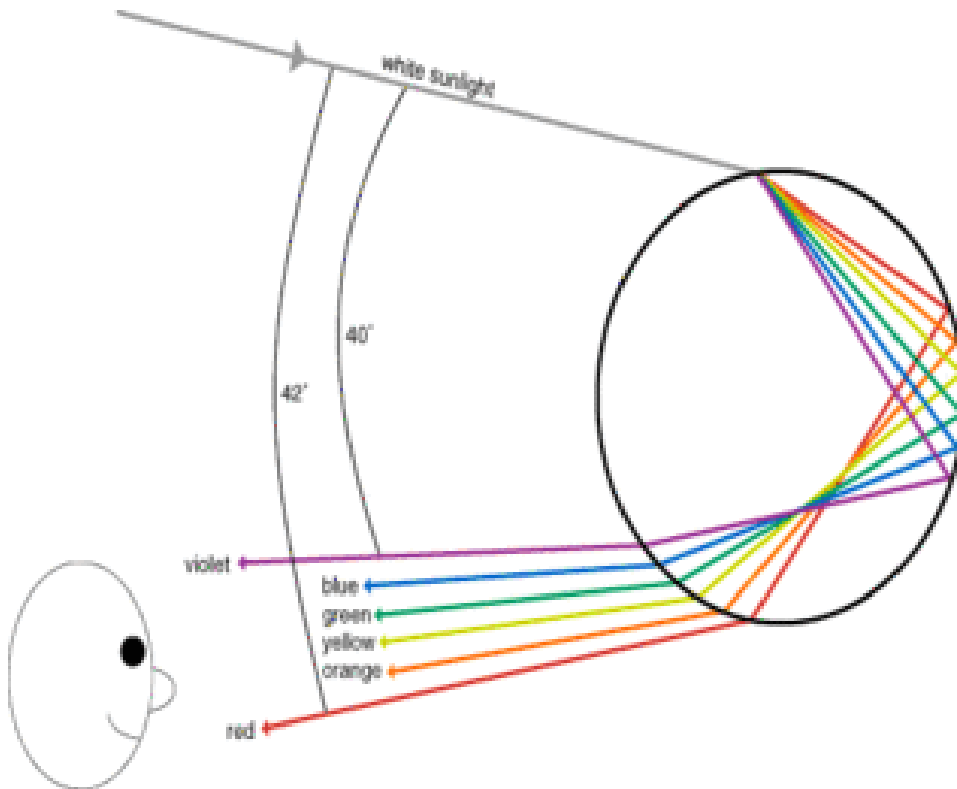
# 科学的根本

# 彩虹与你



- 只是欣赏：还不是科学家
  - 问彩虹颜色如何产生：走出科学家的第一步（还不是科学家）
- 
- 记录彩虹形状与颜色分布：进行**经验层次**研究的科学家
  - 进行理论或实验研究，了解彩虹的形成机理：**唯象层次**的科学家

## Rainbow formation: Science at phenomenological level



- No God
- Rational thinking
- Need to ask **why**
- Consistent with lab experiments

# 科学研究的三个层次

## Gas: An example

Empirical

Gas law:  $P V = k T$

Phenomenological

From “conservation of momentum” and a few simple assumptions about the material (without the knowledge that gas are made up of molecules), can derive

Navier-Stokes Equation:

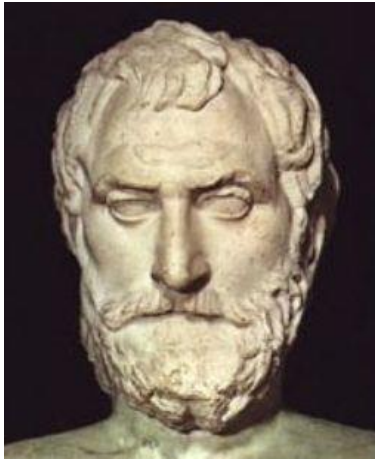
$$\rho [\partial \mathbf{v} / \partial t + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v}] = - \nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{f}$$

Bottom-Up

1. Kinetic gas theory [can re-derive the above equation and relate the parameters ( $\rho, \mu$ ) to molecular properties]
2. Monte Carlo simulations (starting from molecules)

Need asking why

# 问为什么的重要性



Thales (c 624 - c 546 BC)

- Father of science
- Everything is made of water



Guanzi (? - 645 BC)

- Chinese philosopher
- Everything originates from water

“地者,万物之本原,诸生之根菀也,美恶、贤不肖、愚俊之所生也。水者,地之血气,如筋脉之通流者也。故曰:水,具材也。”



- Thales: Asks **why** and gives explanation
  - Guanzi: Does not ask **why**
- 

- The basic step in science is to ask why
- The Socrate's Method in science: Keep asking **why**

Not asking why is the major reason that ancient Chinese science remains at the empirical level (called Natural History in West and 博物学 in Chinese), without going deeper into analytic science like in the West.

Not asking why (encouraged by emperors) is part of the Chinese culture starting from ancient times since Confucius.

# 学科之间的关系

**Science** is humans' effort to understand nature  
**without** bringing in God or any supernatural

Science = Natural Science

= Science of nonhumans + Science of humans

“Natural Science”

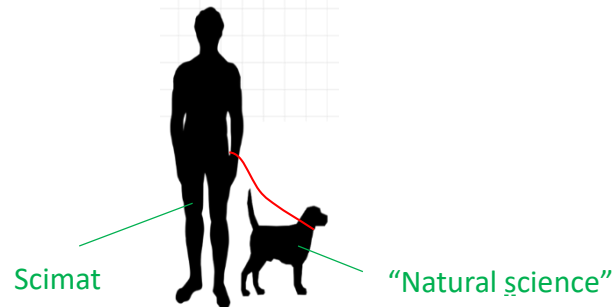
**Scimat**

Humanities + Social Science + Medical Science

The proper image of science:

**Two linked animals**  
(one controls the other)

(not test tubes or nuclear symbol...)



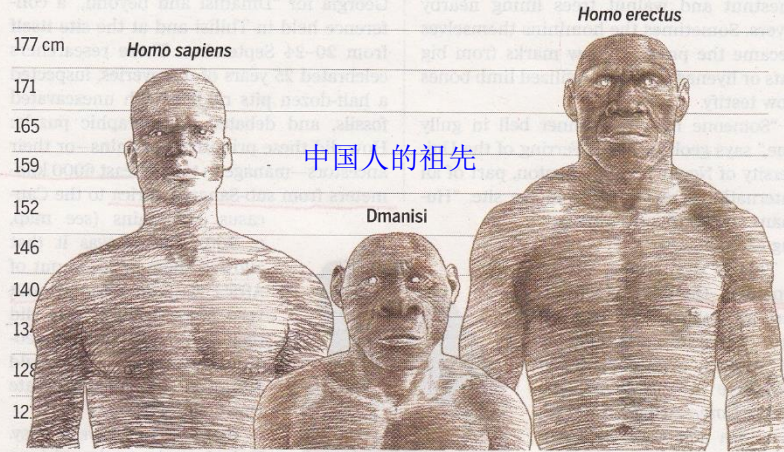
Ancient China has science, which is Chinese medicine (has data, experiments, theory—which need not be correct later)

# 中国文化

# 人类迁徙

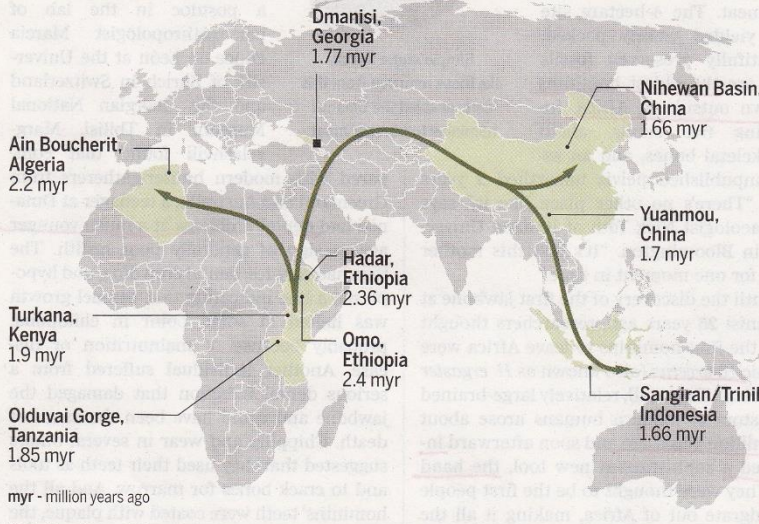
## The trail of the little people

Short and small-brained, even compared with classic *Homo erectus*, the Dmanisi people or their immediate ancestors emerged from Africa and migrated thousands of kilometers into Asia.



## To the ends of earth

By following a trail of stone tools and fossils, researchers have traced possible routes for the spread of early *Homo* out of Africa to the far corners of Asia, starting about 2 million years ago.



Earliest known migration  
out of Africa

# 古代哲学的进路

## Greece

## China

About anything

Mostly about social harmony/stability

Freedom of speech  
Supported by slavery

Lack of freedom of speech  
“Feudal” kingdoms

Analytic

Fuzzy/circular arguments (*hu you*, intentionally mislead)  
Philosophers never wrote clearly or argued convincingly

Debate  
Socratic method

No (or not much) debate

# 古希腊哲学

- Ancient Greek philosophers didn't need a regular job and lived in a democracy, and so were free in picking topics in pursuing knowledge.
- Ancient Greek philosophers cared about everything in daily life (and the Universe) and wanted to understand (analytically) and solve problems.
- In ancient Greece, philosophy was the only discipline of learning which actually was very successful (all disciplines today branched out from it).

## 古中国哲学

- In ancient China, unlike in Greece, philosophy was not conducted analytically. They are more like Buddhist verses or “chicken soups” (called “Chinese wisdom” by others).
- The philosophers, unlike the Greeks, never wrote clearly or argued convincingly.
- When pressed, they will appeal to the will of Tian (“heaven”) or the good old ways of the (barely existent) ancient dynasties.
- All, except Zhuangzi, concentrated in ethics/morality issues because that was the way to find a (government) job, unlike the ancient Greeks who didn’t need a job.
- **Mozi** (not Confucius) is most relevant to China today.
- Ancient Chinese philosophy is *huyouism* (忽悠主义), aiming to maintain social harmony/stability instead of finding out the “truth” or advancing knowledge.
- It is “useful” to a certain extent (**but** the longest dynasty—Tang from AD 618–907, lasts just 289 years).

传统文化

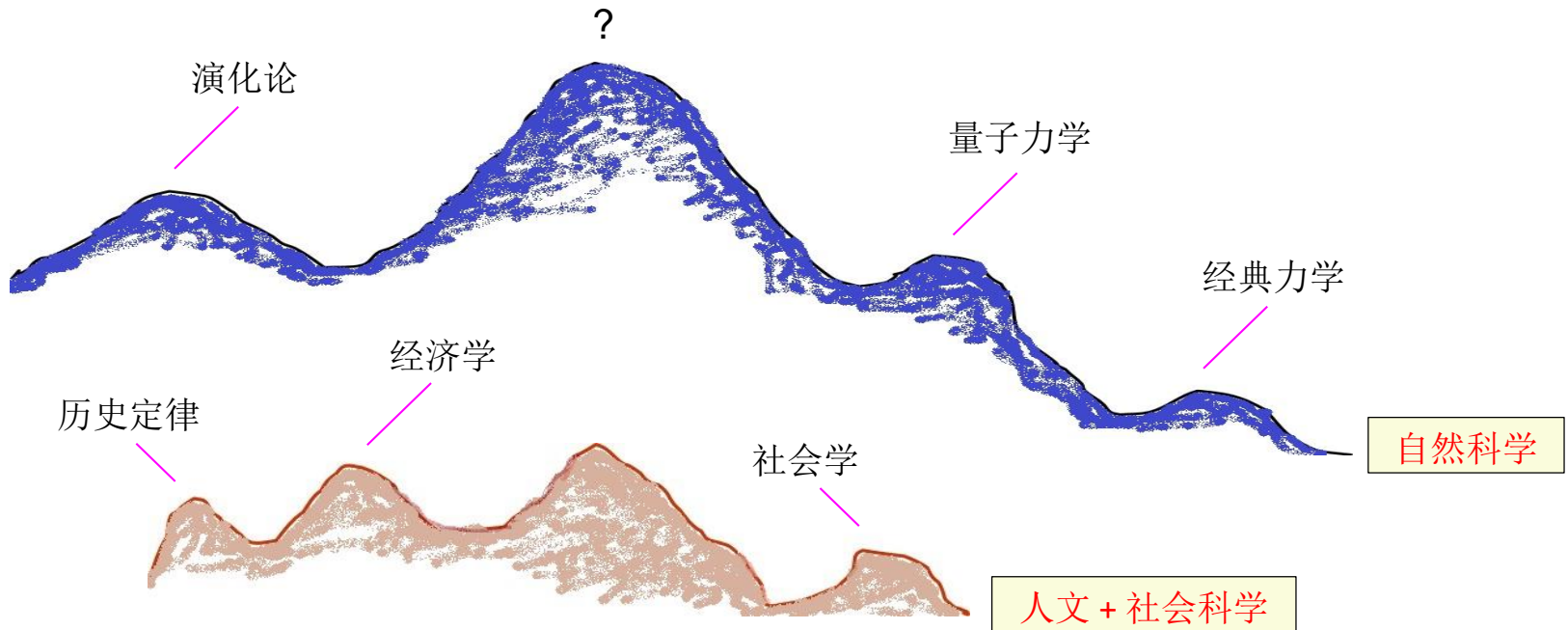
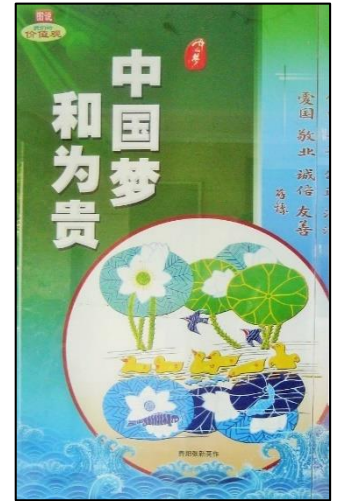
中庸之道：不走极端，不唱高调

当前文化

和为贵

上述文化谈的是与人有关的事物（人文+社会科学）  
不管自然科学（与伽利略时代不一样）

问题是：自然科学领域与人文领域可以分隔，但可以有不同的  
研究方法和研究精神吗？





# 中国的物理传统

## 1949前

### 严济慈

1901-1996



- 1923 东南大学(后称国立中央大学)毕业
- 1923 留学法国巴黎
- 1927 法国国家科学博士
- 1931 北平研究院物理研究所所长(6年内发表53篇文章,除2篇外全在国外发表)
- 1935 法国物理学会理事
- 1937 抗日战争爆发,离开北平

严济慈一生以“捍卫科学”为己任，容不得半点弄虚作假。(新华社)

- 1913年，中国物理学高等教育开始  
北京大学开办物理学课
- 1920年代末，中国物理研究开始  
1930年国内只有4篇物理论文发表，1931年19篇，多来自严济慈领导的北物所



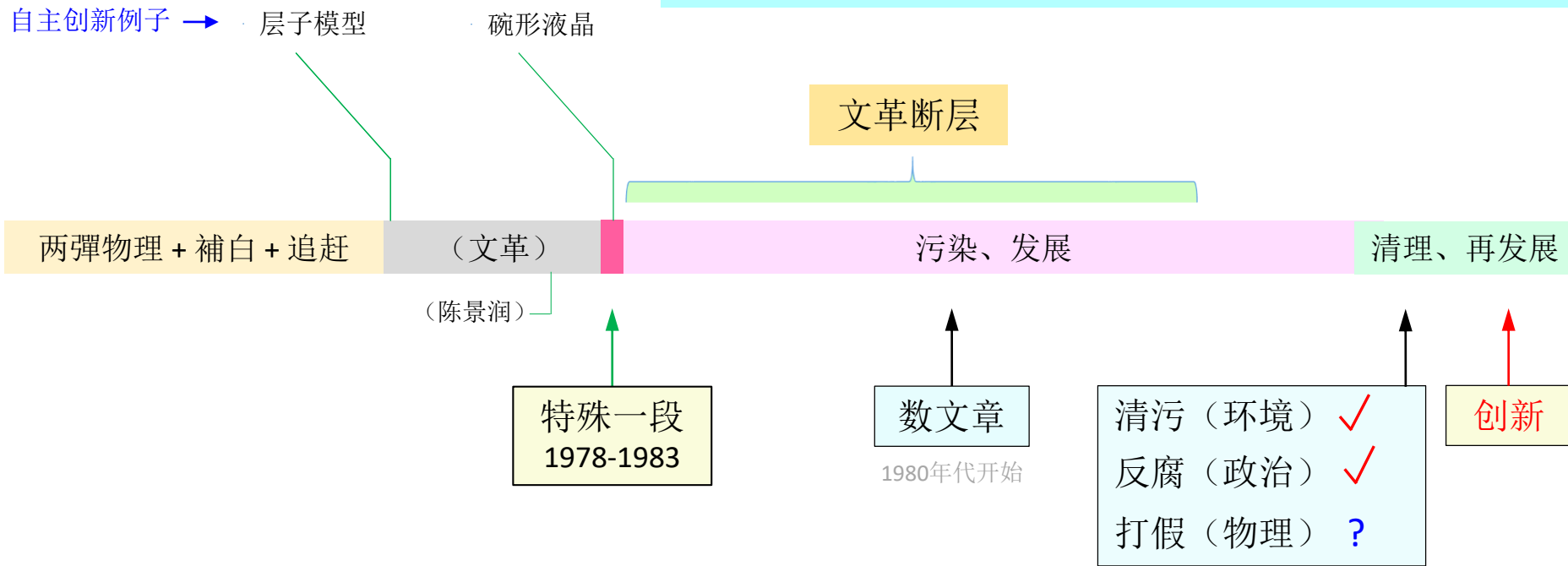
图1 1936年清华大学物理系部分师生在清华大学科学馆前合影(照片由叶铭汉先生提供)(第5排左起: 秦馨菱、戴振铎、郑曾同、林家翘、王天眷、刘绍唐、何成钧、刘庆龄; 第4排左起: 方俊奎、池钟瀛、周长宁、钱伟长、熊大缜、张恩虬、李崇淮、沈洪涛; 第3排左起: 赫崇本、张石城、张景廉、傅承义、彭桓武、陈芳允、夏绳武; 第2排左起: 周培源、赵忠尧、叶企孙、任之恭、吴有训、何家麟、顾柏岩; 第1排左起: 陈亚伦、杨镇邦、王大珩、戴中宸、钱三强、杨龙生、张韵芝、孙湘。其中13人后来成为中国科学院院士, 4人获得“两弹一星”功勋奖章)

1. **清华大学1926设物理系培养科研人才, 著眼“提高”** (叶企孙系主任, 教授有吴有训、萨本栋、周培源、赵忠尧、任之恭等, 学生有王竹溪、钱学森、马大猷等)
2. **燕京大学物理系著眼“普及”** (教会学校, 培养中学物理教师, 主任谢玉铭)
3. **北平研究院物理研究所开辟研究道路** (1929成立。1931严济慈任所长。1929政府颁布大学组织法。不少大学因而开设物理系, 人才短缺。该所只能收到大学毕业生, 培养后送英、法、美。有陆学善、钱临照、钱三强等十余人。该所全依研究者兴趣, 目的是使中国有研究。严: “打基础, 辟道路”。**不兼差、不兼课**。是最重要的物理研究机构, 完成论文80余篇, 占全国的1/3, **标志着中国物理学研究的发端**)

抗战使萌芽的中国物理学夭折, 打断发展的锐气和连续性。1949前中国物理研究只有10年左右, 不到20年的历史。从研究角度来说, **严济慈是“中国物理学之父”**。

# 1949后

污 染 → 发 展 → 清 污 → 再 发 展



物理界不主动打假，则全体中国物理学家都是嫌疑犯，  
在背后被国际同行指指点点、鄙视、不予信任。

## 屠呦呦



- 2015 诺贝尔生理学或医学奖（发现青蒿素）
- 1969 她38岁被委任为组长，负责重点进行中草药抗疟疾的研究
- 从1600多年前的中医古籍(东晋葛洪《肘后备急方》)得到启发
- 1972 以研究小组代表的身份报告了青蒿中性提取物的实验结果
- 拿奖理由: 她的研究组第一个用乙醚提取青蒿，并证实了青蒿粗提物的高效抗疟作用

### 注意:

- 组织支持
- 生活简单
- 心无旁骛
- 无出文章压力

← 科研最佳条件

# 层子模型

1955, 毛泽东说: “...从哲学的观点来看, 物质是无限可分的。质子、中子、电子, 还应该是可分的, 一分为二, 对立统一嘛! ...”

- 层子模型由中国一批物理学家通过**集体**研讨共同完成
- 初成于文化大革命(1966-1976)之初, 文革期间中断
- 1978 获中国科学院重大成果奖与全国科学大会奖
- 1982 获国家自然科学奖二等奖
- 当初的“理论组”成员先后有几人当选为院士
- 由于各种原因, 层子模型**未竟全功**



# 碗形液晶

物理所的特殊一段 (1978-1983)

中科院 院长: 方毅

副院长: 严济慈 (法国博士)

物理所 所长: 施汝为 (美国博士)

副所长: 管惟炎 (苏联博士)

## 液晶



棒形  
1888  
奥地利



盘形  
1977  
印度



碗形  
1982  
中国 (物理所)

## Properties of polymer liquid crystals: choosing molecular structures and blending

Witold Brostow\*

Center for Materials Characterization and Department of Chemistry, University of North Texas, Denton, TX 76203-5371, USA and Department of Materials Engineering, Drexel University, Philadelphia, PA 19104, USA

(Received 26 June 1989; revised 9 August 1989; accepted 9 September 1989)

### Class $\omega$ , conic molecules

Classes  $\alpha$ - $\psi$  could be planar, or nearly two-dimensional. Networks are typically three-dimensional, but a planar class  $\sigma$  molecule is possible, at least in principle. By contrast, molecules in Class  $\omega$  must be three-dimensional. Their existence was predicted by Lin<sup>84</sup> in 1982 but confirmed experimentally several years later<sup>85,86</sup>. Names pyramidic or bowlic were proposed, but I eventually decided to adopt the name conic. Lin predicts<sup>87</sup> that these materials should have interesting electric properties.

POLYMER, 1990, Vol 31, June 983

- 84 Lin Lei, *Wuli* 1982, 11, 171; Lin Lei, *Molec. Cryst. Liq. Cryst.* 1983, 91, 77
- 85 Zimmerman, H. Poupko, R., Luz, Z. and Billard, J. Z. *Naturforsch. A* 1985, 40, 149
- 86 Malthete, J. and Collet, A. *Nouv. J. Chimie* 1985, 9, 151
- 87 Lin Lei, *Molec. Cryst. Liq. Cryst.* 1987, 146, 41

POLYMER, 1990, Vol 31, June 993

## 超导体

BCS 型  
1911  
荷兰

铜基型  
1986  
瑞士

铁基型  
2006  
日本

# 数文章的日子：1980年代以来



**彭桓武** 1915-2007

- 1940 英国爱丁堡大学博士(导师 Max Born, 诺贝尔奖得主)
- 1948 爱尔兰皇家科学院院士

精诚求实毕生愉，与善美真为侣。(彭桓武)

## 中国科学院

理论物理所			物理所		
任期	所长			所长	任期
2007去世	1978-1983	彭桓武		施汝为 管惟炎	1958-1981 1981-1985
彭桓武学生	1983-1990	周光召	不数 文章	数 文章	杨国楨
苏联留学生	1990-1994	郝柏林			

1983去世  
调合肥任中科大校长

北京大学研究生毕业



# 薪火相传：“富不过二代”



希腊开创的兩把火:

• 奥林匹克聖火

• 科学聖火:

泰利斯 → 亞里士多德 → 伽利略 → 牛顿 → 愛因斯坦 ...

居里夫人 → 严济慈 ...

玻恩 → 彭桓武 ...

周光召

中國科学院：1984 副院长，1987-1997 院长（严济慈86-96岁，彭桓武72-82岁）

大师 一代 二代

• 彭桓武学生（玻恩 → 彭 → 周）

• 自己守住了，没乱出文章

• 但作为中國科学院院长，没能刹住数文章风气

（人单力薄：文革断层，没其他一代加入，只有几个二代？）

数文章风气要刹住，因为不只挫伤科研，还有害创新！

## 做假被揭之后

学术不道德：捏造数据、篡改数据、剽窃、侵占学术成果、一稿多投、  
伪造学术履历、… 性骚扰学生、…

被揭之后：根据犯行情节、严重性、认罪态度

- 开除
- “自动” 辞職
- 治病救人
- 领导自杀（只在日本）

见：J. Mervis, “After the Fall”, *Science*, Oct. 28, 2016.

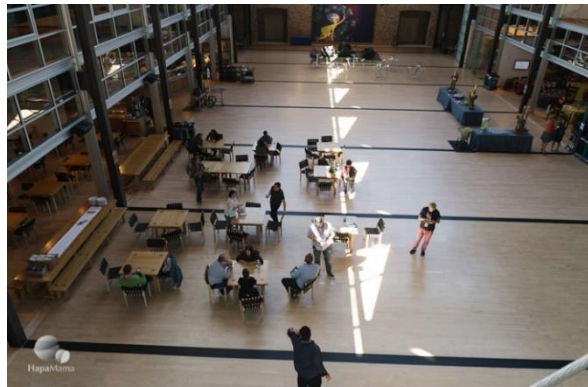
问题：诱過学生、助手、合作者，该如何处理？

台湾的例子

# 悬题

## 不知道的

- 贝尔实验室可以复制吗？
- 可以有中国的“Bell Labs”吗？
- 可以在国内某单位建一个“物理创新特区”吗？
- 创新有“中国模式”吗？



Pixar: Entrance hall



Pixar: Office

## Bell Labs 的条件

- 錢超多
- 足够大
- 高水平管理层
- 进入严格
- 不向外申请经费
- 理论与实验结合
- 不鼓励对外合作
- 内部公开, 团结一致

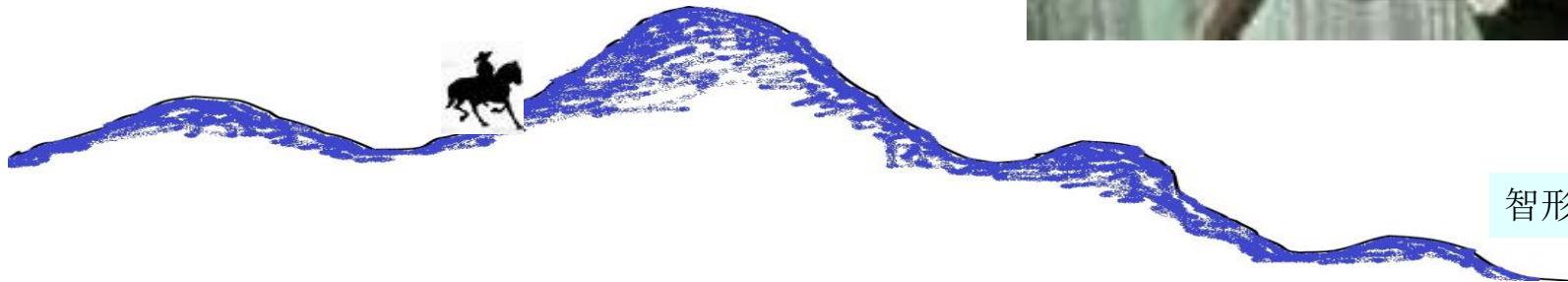
## 知道的

- 创新阻力不在錢投入太少，而在束缚科研人员的因素太多
- 自主创新主力：（青年）本土博士 + （不在国外兼职的）海归

# 总结



创新者：驰骋于江湖的独行侠



智形 (knowscape)

创新是个人行为，个性、人格决定一切！



# 物理创新：基本原理与经验传承

林磊

美国加州圣何塞州立大学物理系

在目前各国以创新为推动新经济发展的基础的时候，人们对创新的基本原理却认知不足，误区重重。我们从认知科学与神经科学谈到科学创新的基本原理，介绍哥伦比亚大学和贝尔实验室的创新经验。以国内外例子说明个人和体制与科学创新的关系，并针对国内传统和当前文化对创新的影响进行讨论。

**林磊**，人文学者与物理学家，美国加州圣何塞州立大学教授，中国科学院物理所与中国科学技术协会客座教授。香港大学（一级荣誉）学士、英属哥伦比亚大学硕士、哥伦比亚大学博士。在贝尔实验室做的博士论文。林磊发明了世界上三种液晶之一的“碗形液晶”（1982）、描述复杂系统的“活性行走”（1992）和两门新的学科：“历史物理学”（2002）、“人科”（2007/2008）。在物理所工作期间（1978-1983），在PRL首次发表由大陆学者独立完成的论文。已出版180多篇论文和16本书，包括 *Arts* (2011)、*All About Science* (2014)。林磊是国际液晶学会创立者（1990）、中国液晶学会共同创立者（1980）、“人科”（World Scientific）与“偏序系统”（Springer）两英文丛书的创立者与主编。目前研究哲学、复杂系统、人科。lui2002lam@yahoo.com