



# 课程教学中培育创新意识 和能力的一些元素

袁笃平

上海交通大学物理与天文系



# 对创新与创新人才的认知

---

社会对“创新”及“创新人才”的急切追逐反映出社会意识到各种资源渐趋枯竭，许多严重的问题始终没有解决方案，未知的将来日益逼近以及由此产生的焦虑和烦躁。

大众心理期盼的“创新”和“创新人才”和实际需要的通常并不一致。社会往往在危机时刻才表现出对“创新”的期盼，而期盼的实际是集约高度智慧的巨人和神迹，而社会真正需要的是不断出现有序替代的产品、行业和人物群体。



被社会认可的创新和创新人才通常和世俗的成功联系在一起，能否得到即时认同在很大的程度上取决于其当时世俗的价值。

真正超凡脱俗的创新本身通常在很长的时间内很难得到认可，真正伟大的创新者往往是社会中的孤独者。因为能够理解其价值的通常并不多，能有勇气为之鼓吹呐喊的人更少。

能被社会认同的创新往往是平缓渐进的“**微创新**”。



# 事例 1

今天被大众媒体视为创新标杆的对象大多是成功的新兴科技企业，被奉为创新人才的这些企业的代表人物自身的工作往往和创新并无关系。

每当一个成名科技企业的沦落时都会被舆论责之为失去了创新动力。很多商业或经济评论将摩托罗拉，诺基亚的没落归因于不注重持续创新。诟病乔布斯以后苹果公司没有了创新动力。

各代微软操作系统受欢迎程度的周期起伏反映的创新受到需求的激励或抑制。

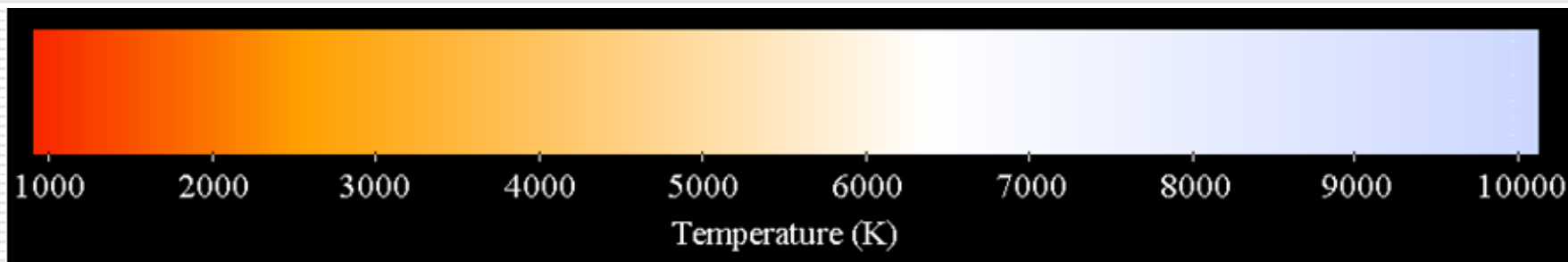
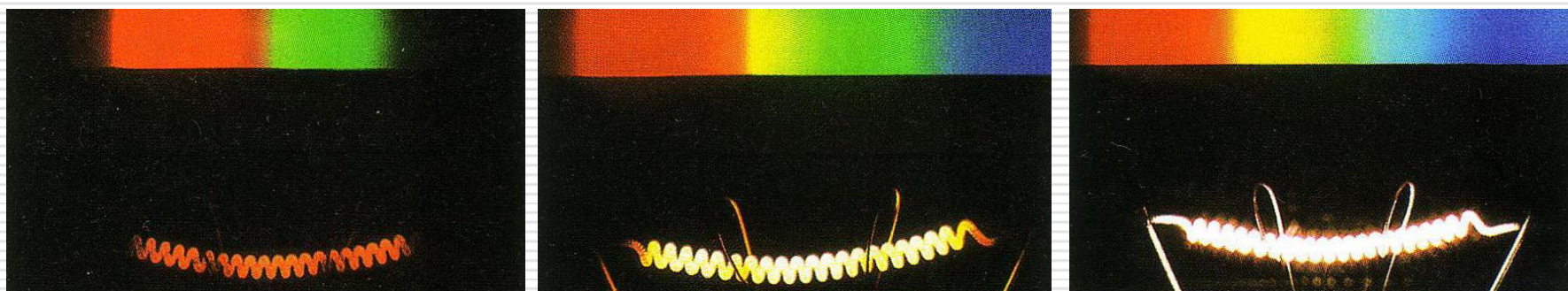


## 事例2

科学领域内对科学的原创性创新也很难得到认可

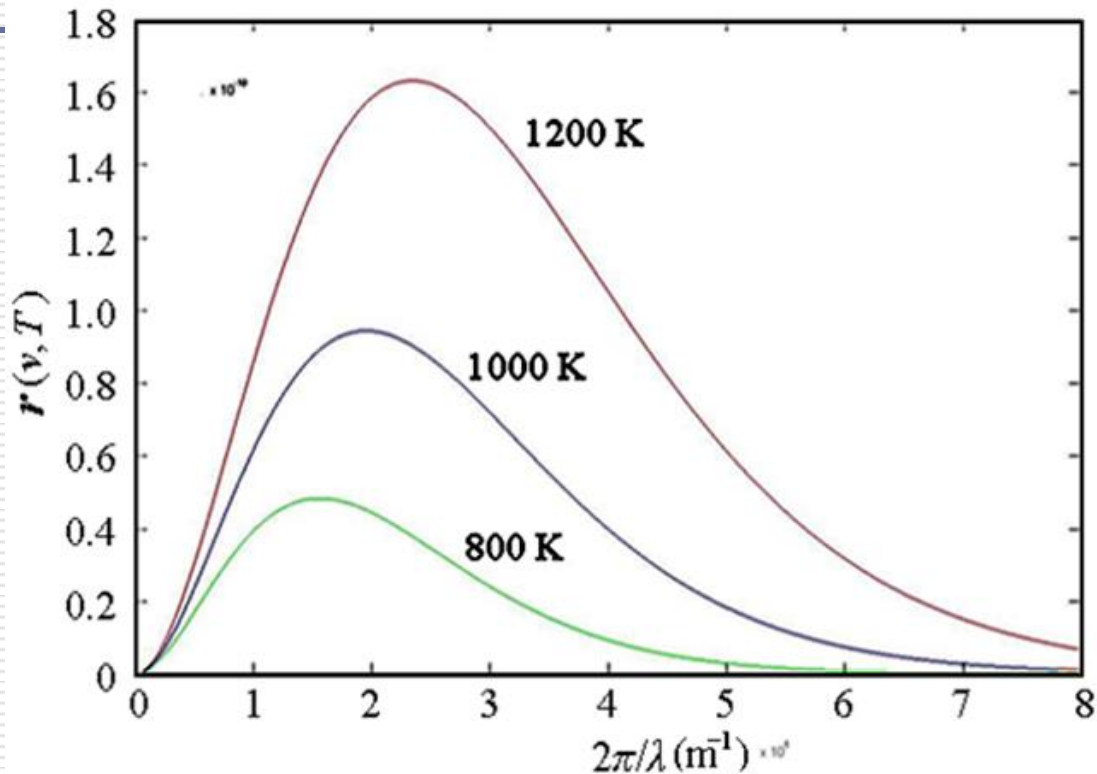
开创量子力学的三个重要人物的原创性“创新”

普朗克(量子力学之父): 研究热辐射





研究目标:



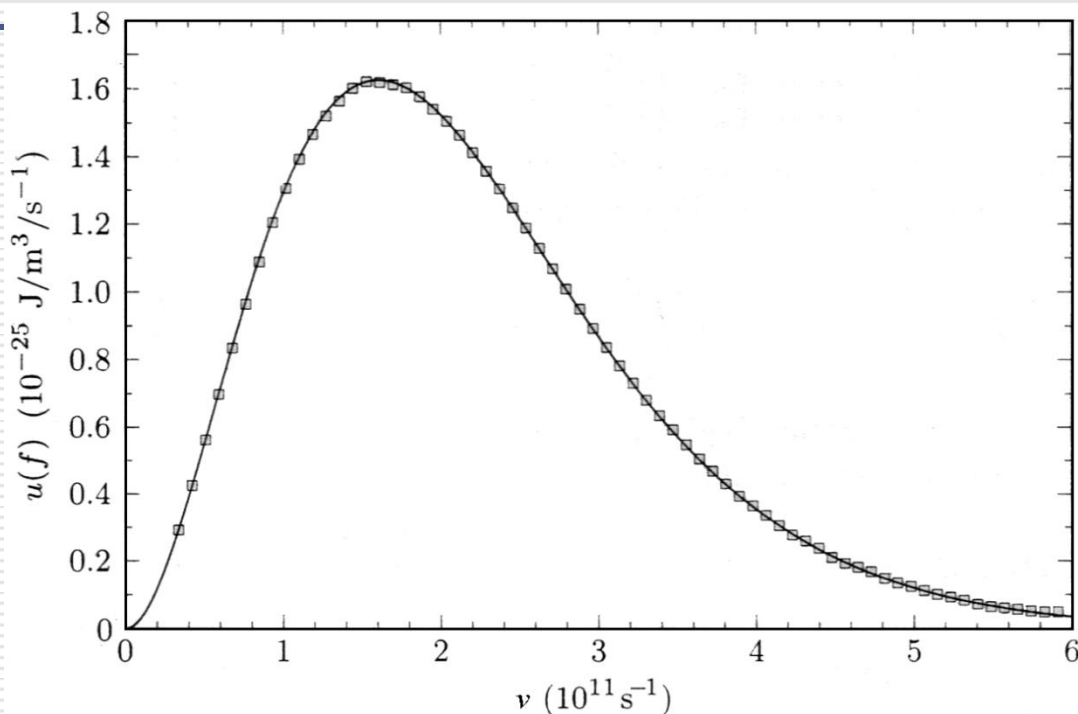
- 1、寻找一个能够拟合实验曲线的数学公式
- 2、寻找一个能够给出这个经验公式的物理解释



# 研究结果

1、发现了一个能够精确符合实验曲线的经验公式

$$R(\nu, T) = \frac{2\pi}{c^2} \frac{h\nu^3}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$$



2、发现一个能解释这个公式的奇怪物理原因：辐射源中能发出辐射的每一个频率的振动能量是量子化的。

比喻：往一个杯子里注水，杯里水的高度增加不是连续的。



# 对研究结果的评价

如果您没有接触过量子物理，并觉得完全不理解普朗克在说什么，这说明您的心理健康。

事实上普朗克自己也不知道他的解释有什么意义。他的**自我评价**：关于量子化的物理解释不是真实的，只是一个数学概念。

业内评价：直接无视。

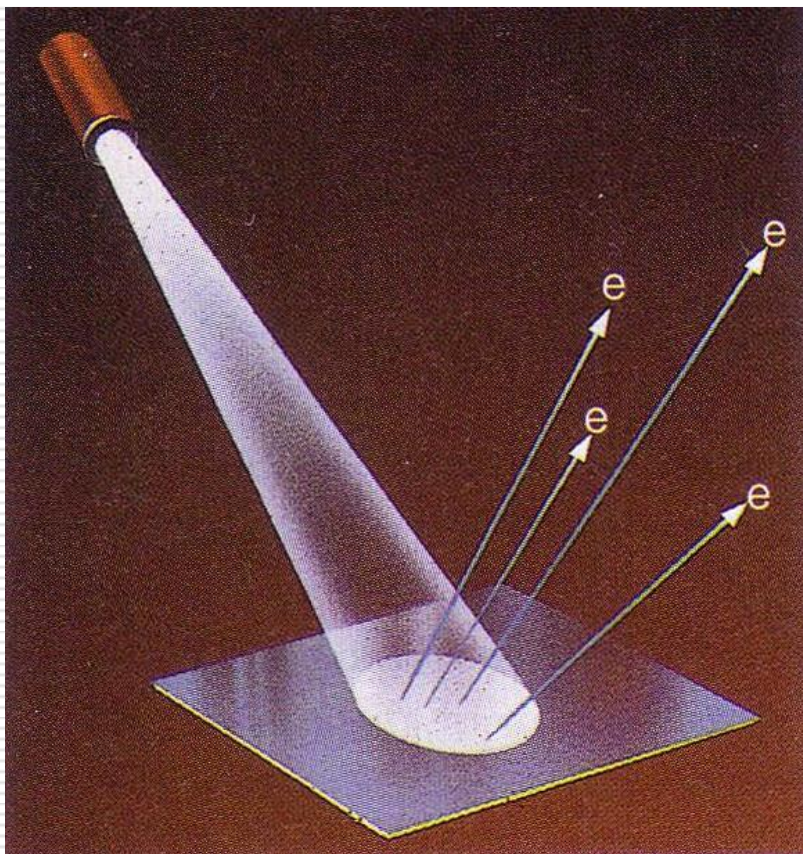
(1900年发表，到1905年几乎无人关注)

今天的说法：只是一篇几乎没有引用率的SCI论文。

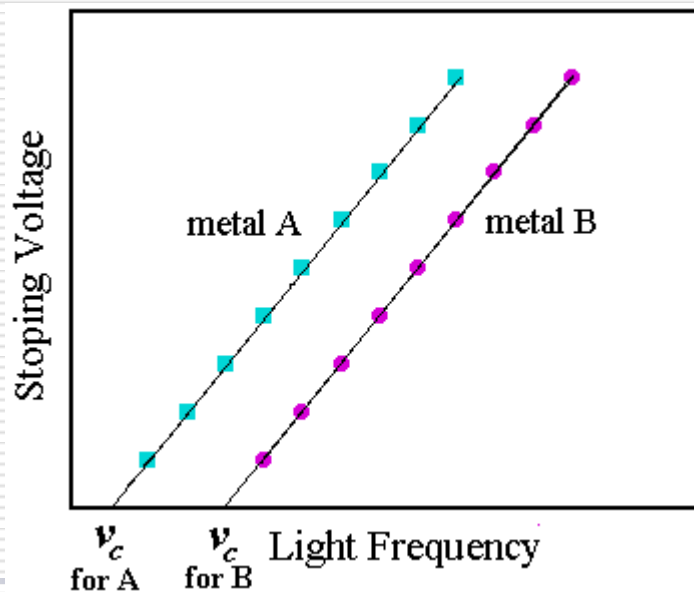
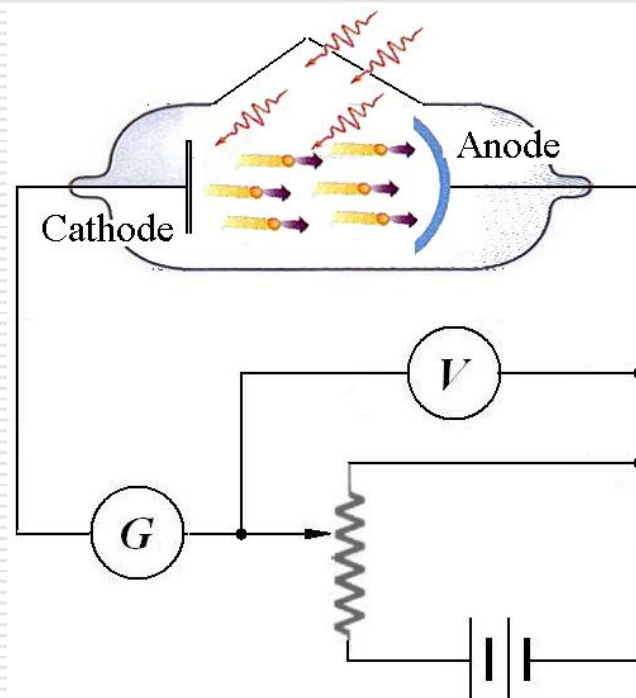




# 爱因斯坦：研究光电效应



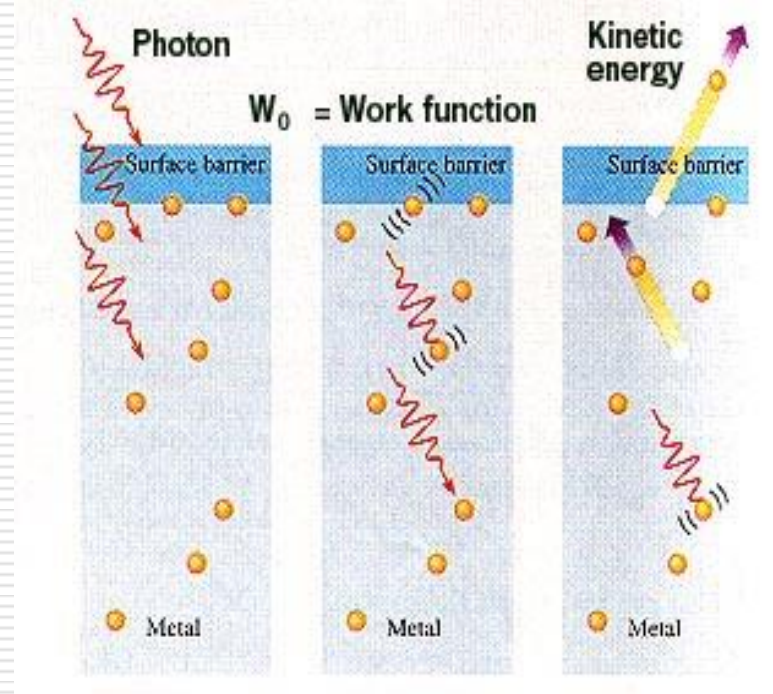
$$eV_{stop} = h\nu - W$$





# 研究结果

发现一个能解释这个公式的奇怪物理原因：照射到金属上的光波能量不是连续分布在的波中，而是形成许多能量相同的小颗粒。



比喻：喝水时流入嘴里的水是一个一个的颗粒。而且每一个水颗粒都不能被咬成两半。



# 对研究结果的评价

**自我评价**：认为光量子假设极为大胆(bold)，论文中避免谈及光是一个“粒子”，而是暧昧地称之为“能量子”。

## 典型的业内评价非常负面

**普朗克**：即使在爱因斯坦因光电效应的解释获得诺贝尔奖后，还一直强调颁奖是个错误。普朗克在提议爱因斯坦担任柏林物理学会委员时谈及光电效应时称“应该原谅一个大人物偶尔犯的小错误”。

**密立根**：坚信光粒子假说是“完全站不住脚”的，并试图用高精度的实验测量来推翻爱因斯坦的光电效应公式。



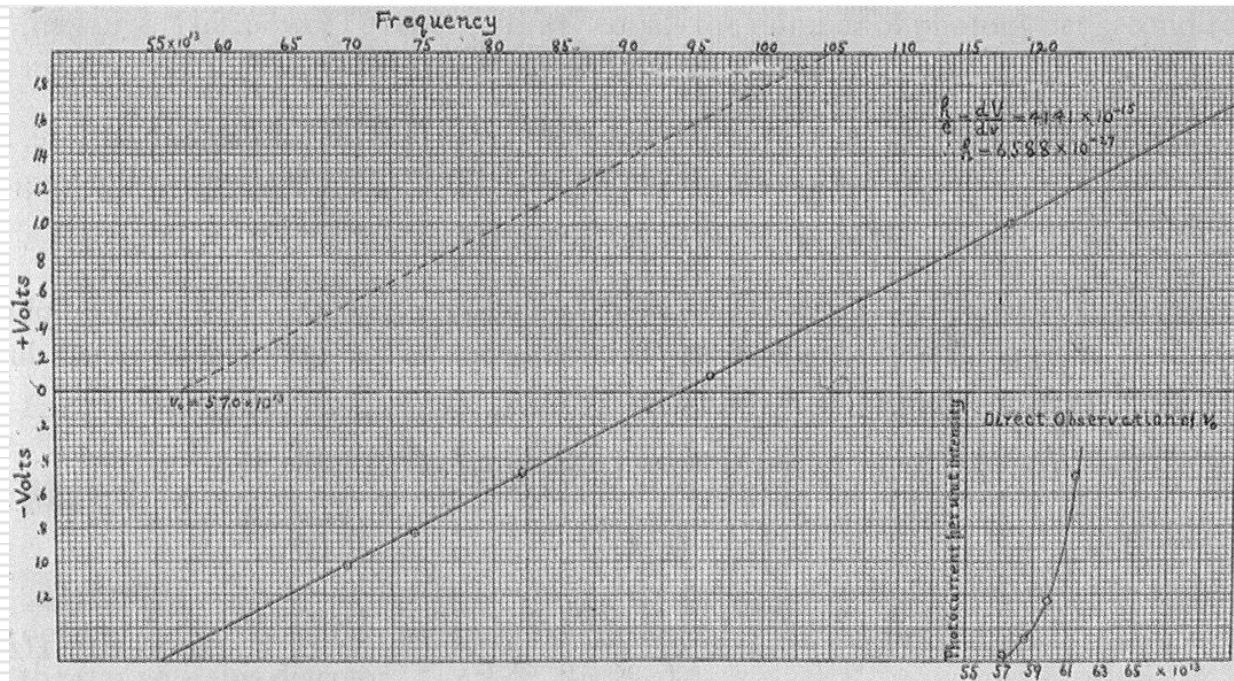
# 密立根 (杰出的物理实验大师)

研究内容：通过实验推翻爱因斯坦的光电效应解释

密立根化了10年时间专心于提高实验的测量精度，期间甚至发明了许多技术专利。

实验结果最终却支持了爱因斯坦的光子假说。而且将理论值与实验值间的误差降低到0.5%以内。

$$eV_{stop} = h\nu - W$$





这三项工作最终被认可的价值是它们对量子力学领域的开启和引领的巨大作用，今天，量子力学对全球GDP份额的贡献达到二分之一以上。

一项创新的价值并不完全在于它本身的完美甚至对错，而是它是否可以被客观事实检验。它的表述及依据是否客观、科学，足以引领其他人开展进一步的研究。

爱因斯坦对量子力学研究的直接贡献并不多，并很早就成为批评量子力学理论的代言人，还曾被视为量子力学发展的绊脚石。但他的批评至今仍是促进量子力学发展的重要动力。



# 是否存在培养或生产创新人才的流程或配方

到目前为止还难以确认那些熟知的创新人物和大学期间哪些教育环节存在的必然因果关系。

事例1：美国高科技领域中最富于创意的成功人士许多是辍学生。他们中的一些人甚至对大学教育的评价呈高度的负面。

事例2：美国一些高校的毕业生出现了不少的成功人士，但他们的同学中更多的是平庸人士。



事例3：有些被认定为创新人物在受教育期间被认为不堪造就，典型事例：爱因斯坦。

学生时代热衷于感兴趣的东西，但厌烦于死记硬背。相应课程的成绩平平。校长曾自信地对其父母预言：“他将来做什么都不会出色。”

大学时期的数学教师闵可夫斯基也曾经认为爱因斯坦智力平庸，不堪造就。

普朗克回忆柏林大学的老师的教学风格：基尔霍夫“讲课仔细，但单调乏味”，而亥姆霍兹“上课前从不好好准备，讲课时断时续，经常出现计算错误，让学生觉得上课很无聊。”



社会并不曾奢求大学能调配或生产出神一样的创新人才，而是培育学生的创新意识和能力。

## 教学中培育学生创新意识和能力的若干要点

- ✦ 在教学环境中构建探索氛围
- ✦ 在探索氛围中培育创新意识与能力
- ✦ 适配学习者的认知特征和成长
- ✦ 在教学过程中注重环节和细节





# 在教学环境中构建探索氛围

有价值的成功创新通常伴随三类典型的需求

- ✦ 对新的发现提出解释或理论
- ✦ 为新理论找到有价值的应用
- ✦ 对实际需求找到好的解决方案

案例：普朗克，爱因斯坦和密立根的工作

在各种内容的课程教学中让这三种情境反复再现，  
让不同内容成为学生体验科学探索的需求和契机。



# 在探索氛围中培育创新意识与能力

## 创新者通常具备的共性特质

- ✦ 热情与执着
- ✦ 宽广的视野
- ✦ 敏感的观察力与想象力,判断力
- ✦ 描述能力(文字描述, 数学描述), 归纳能力
- ✦ 熟悉研究和分析的科学流程和工具方法并能在工作中自觉遵守和熟练应用
- ✦ 善于学习, 沟通与合作



# 热情与执着

创新往往意味着风险，伴随着失败，热情与执着能在一定的压力下坚持下去。

许多真正成功的人则更多地将其归结为对他所投身的工作以及职业的热爱，而不是对某一种具体成就的期望。

工作所获得的成就会成为助推剂而令他们兴奋，而不会成为目标。

为特定的成功，为别人认可而努力往往难以持久，甚至可能导致作伪，欺骗等违反道德的行为。达到目标后也往往失去目标而丧失动力。



## 事例1:

普朗克读大学时选择学习物理学，慕尼黑的物理学教授菲利普·冯·约利曾劝他学别的，因为当时都认为“物理学中的一切都已经研究了，只剩下一些不重要的空白需要填补”。但普朗克认为自己“并不期望发现新大陆，只希望理解已经存在的物理学基础，或许能将其加深。”



## 事例2: 电影《费城的故事》: 一个好律师

What makes you sure that you are an excellent lawyer?

I love the law, I know the law, I excel at practicing.

What makes you love the law?

Many things, What I love most about the law? Every now and again, not often, but occasionally, you get to be a part of justice being done. That really is quite a thrill when that happens.

能在工作中获得满足，并得到提高，因精于此道而使工作更富于乐趣。相辅相成，循序往复。

Stay foolish, stay hungry。



# 适配学生的认知特征和认知能力的成长

学生在获取知识的过程中往往将自己排除在知识之外，缺乏自我建构、创造知识的意识和勇气。

主要表现为

- 1、以记忆为主，追求标准答案，迷恋规定步骤。
- 2、习惯于依赖如教师，网络等外部权威，用获得的一知半解的概念作为自己进一步认知的基础。缺乏自己观察，收集和分析事实数据的意识，甚至不愿意去理解实验结果。
- 3、提问题的目的不是质疑，而是寻求解释。
- 4、对自己认知程度的判断途径仅依赖于被动的作业和考试，即回答教师提出的问题，而不是尝试自己提出问题。



# 培育创新意识的三个方面

引导学生认识到知识本身及其来源的多元性。许多概念只有共识，没有定论，真正理解往往需要多视角、多观点并存。**引导学生逐步形成知识是发展的意识。**

引导学生置自身于学习过程和知识建构的中心；鼓励学生将个人的见解或问题转化成具体的可深入探究的课题，鼓励学生结合自身的长处或独特的处理方式开发新的理解视角；**在汲取外部知识的基础上成为知识的创造者。**

通过课堂讨论，课后合作，促进学生在学习过程中开展多层次的**沟通和分享**，让学生能视学习为共同的意义建构，培养学术团体意识，**提升个体的学术身份认同。**



# 培育创新意识中注意教师的角色转换

实际课程教学常常有意无意地出现强化知识发现者的权威性，知识传授者的权威性的场景，这对于一个新入门的学生起到的效果可能是抑制了他头脑中原来存在的下意识的好奇心和批判性。

在引导学生实现从遵循外部权威到自我主导阶段的个体认知的教学过程中，应注意让自己从传统的“传道、授业、解惑”的“教师”身份转化为“协助学习、促进发展”的“伙伴”。





# 教学过程中环节的可操作性和细节

任何设计都伴随有天生的缺陷，设计者应该意识到缺陷的存在，而不是掩饰，否认。尤其是在执行期间关注并避免缺陷的被利用和放大。

- ✦ 课堂的引导和匹配的教材阅读
- ✦ 针对性的作业(数量与效率，交作业频率)
- ✦ **讨论课**
- ✦ 及时的测验与考核(频率)
- ✦ **大作业**(选择，指导，反馈，修改，交流)



# 传统基础物理学课程中的典型问题

- 1: 追求高屋建瓴，醍醐灌顶的感受。习惯于自上而下的演绎推导，不善于也不愿意做自下而上的分类，归纳。
- 2: 设计时兼顾到理论和实验并重，实施时往往忽略两者的关联，有些实验课实际成了演示课或按规程进行的实验技能操作课。实验教学失去了发现和探索的根本因素。
- 3: 数学知识仅仅被理解为一种运算工具，忽视了数学本身的逻辑结构以及自身所具有的完备性对认知事物内在规律的指导性含义，几乎不提用数学形式描述所观察到的现象，描述头脑中的观念和想法，并设计实验来加深对现象的理解。



# 探索性的认知途径：格物致知

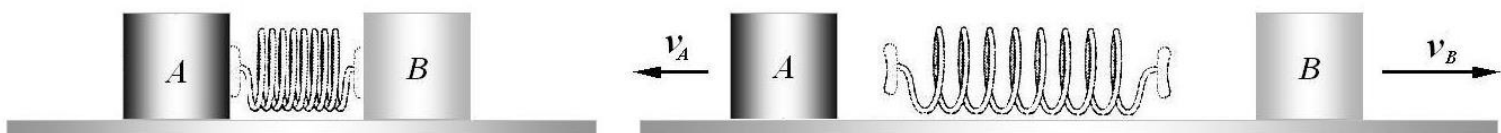
- 1: 从感知到的现象(变化)中抽象出其中的控制与被控参量
- 2: 设计实验, 并通过实验测量获得参量之间的定量关系
- 3: 将实验数据之间的定量关系(数据列表或实验曲线)抽象出函数关系——经验公式(唯像的数学描述)
- 4: 对经验公式进行拆解, 变形(恒等变换), 将其变换成符合一般因果关系的物理定律。  

对一种现象的演化趋势的定性预测, 对发展可能形成的规模的量级估计, 对系统演化过程中受到的约束的把握, 对参考点的理解和定义。
- 5: 总结上述过程中所用的近似和假设, 评估结果的可靠性和适用范围。
- 6: 将得到的物理定律预言新的现象, 寻找应用场合。



## 案例：牛顿运动方程

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a}$$



$$m(v) = m(v = 0)$$

$$m_{A+B} = m_A + m_B$$

学生感受：三观被刷新



# 跟进的课后作业：餐巾纸的品质分级



测量纸的吸水率



测量纸的强度



# 测量纸的粗糙度



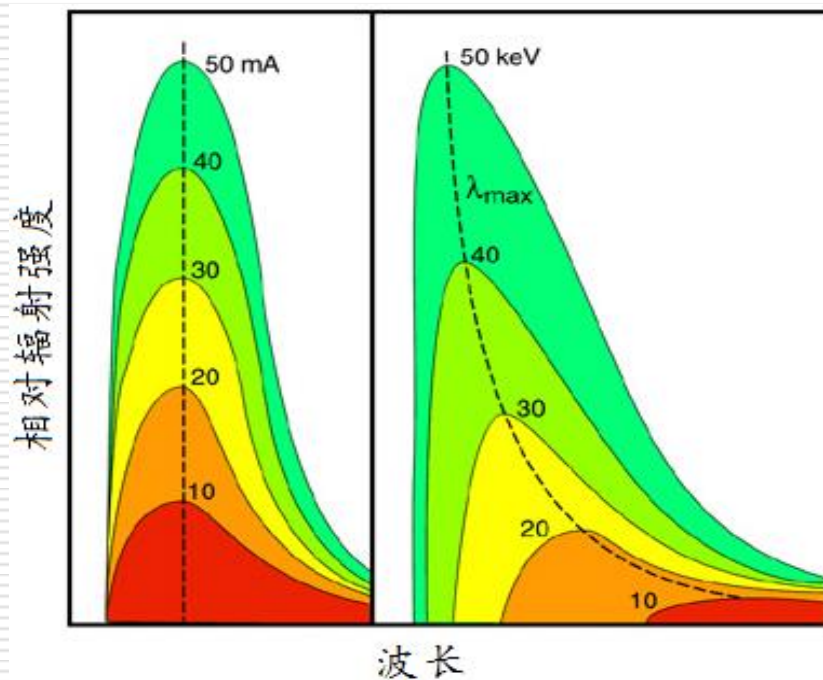
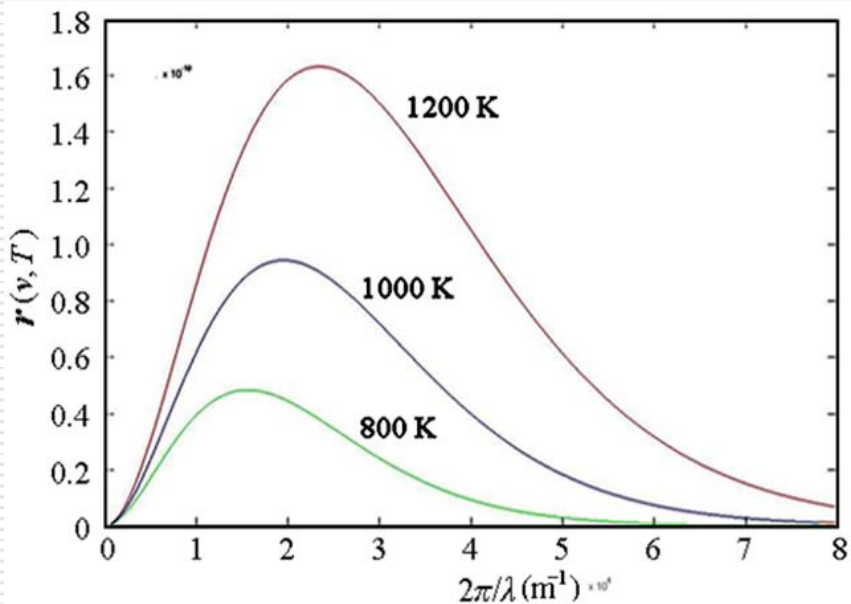
四个纸巾包住的棋子

测量纸巾包匀速运动的角度





# 写出韧致辐射谱公式 分析其中的特点和成因



(a) 维持加速电压不变而改变束流大小 (b) 改变加速电压



# 对学科关键分析手段的总体理解

---

## 理论与实验

由于各种原因，理论和实验并重的理念在实施时往往出现两者互不关联：

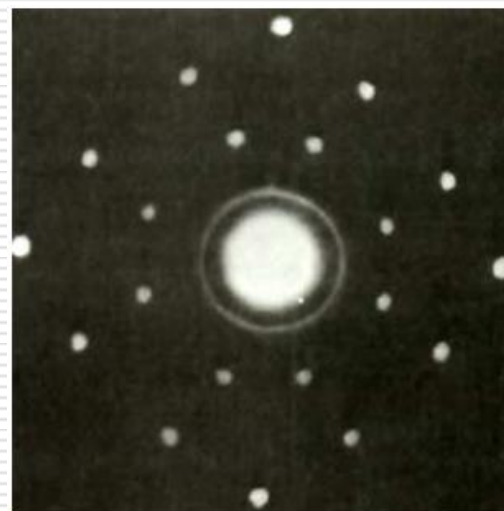
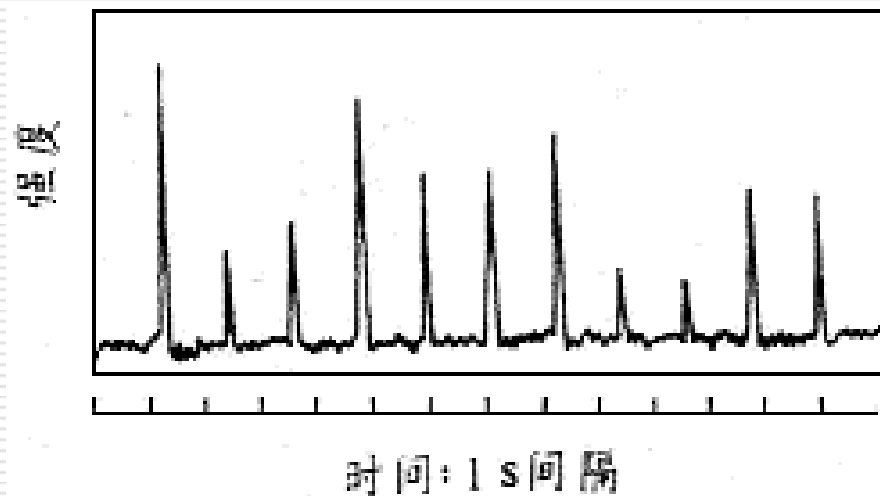
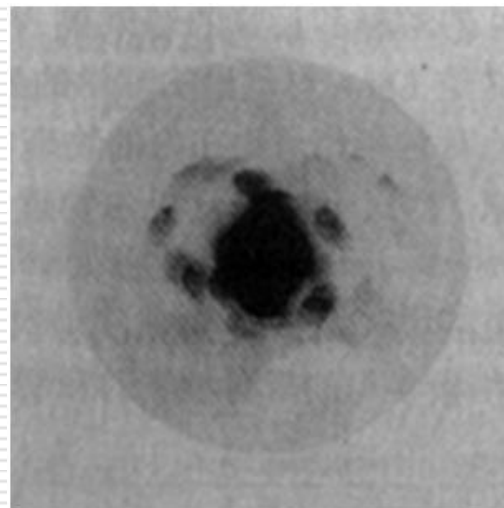
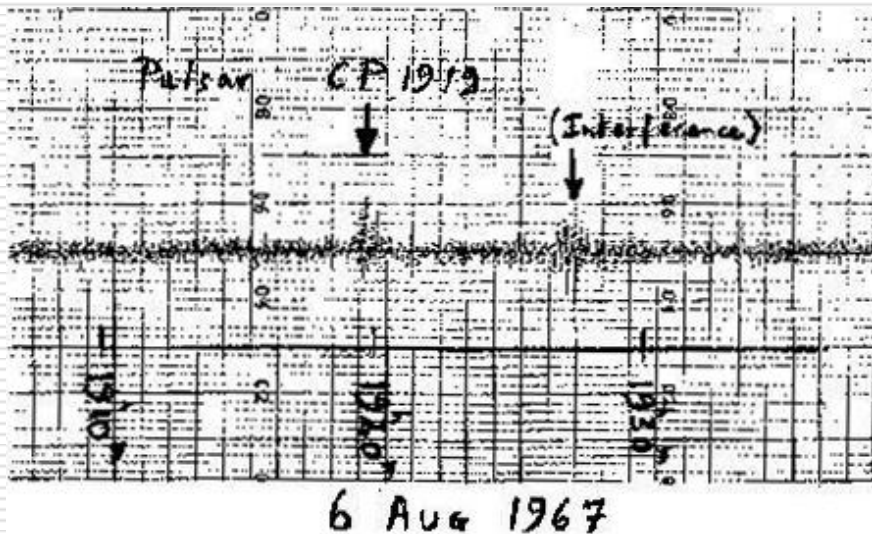
实验课常成为演示课或技能操作课。

理论课程中涉及实验时大多只是给出示意图，教科书中的实验结果的出现过于“干净”，而对**实验的设计，可行性，如何在实验结果中搜索到“你自己的实验数据”**等基本问题则几乎完全不被提及。





# 脉冲星, 晶体衍射的初次观测和教科书中的图像





# 大作业的效率和控制

## 大作业的常见问题

彼此抄袭，或是抄袭网页资料，不做深入思考。做得五花八门，无从交流分享。

## 具体操作

(1) 提供一定的题目选择度，让学生可以根据兴趣发挥个人的专长，即使题目都很无聊，一定的选择性也容易宣泄内心的排斥感。但题目也不能过散，有一定的集中度有利于学生有共同的讨论话题，也有利于教师发现学生的问題，通过比较，有利于教师批改总结，反馈时也容易吸引同学的关注度(当时不选的同学大都是因为难度)，获得有效的启发和分享。

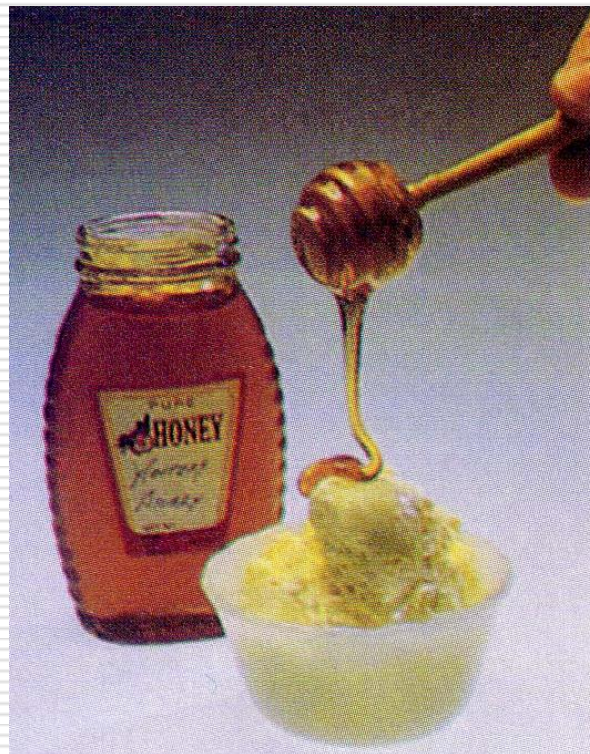


- (2) 对如何做题需要提供指导，要说明作业的必须环节。要求一定的说明程序，一定的过程要求，这样同学即使抄袭了也无法完成。
- (3) 可以在课程开始时就提出作业题目，让学生带着具体问题开始学习，做题碰到困难也可以咨询老师，甚至可以提供初步报告，让老师提供修改意见。
- (4) 提供有效的反馈，尽可能提供多次反馈，以利于学生对问题的认知建构。
- (5) 最后安排交流和共享。



# 大作业举例

## 水流的堆积现象 分析与应用



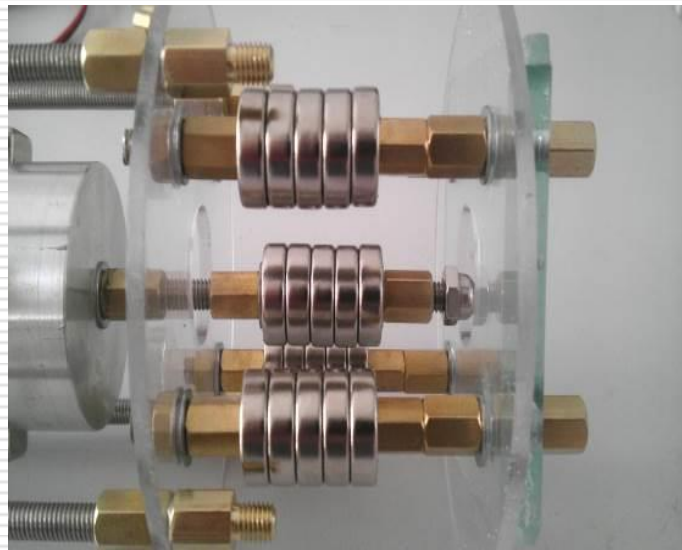
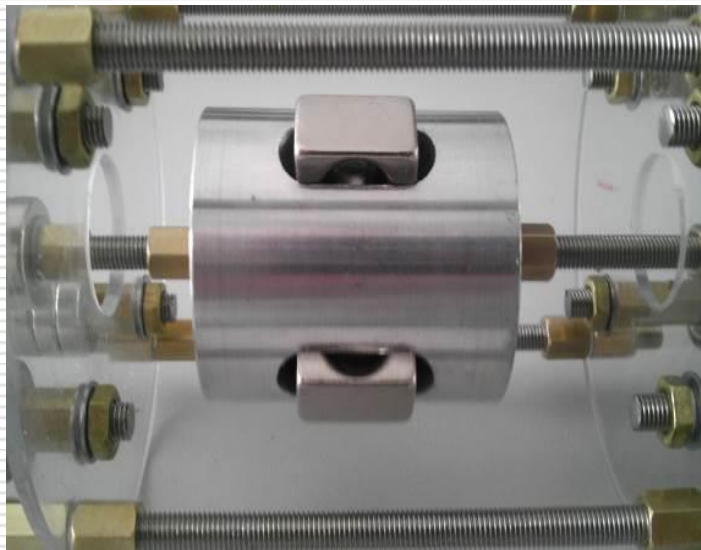


# 电磁场的设计应用

由特定的电荷分布计算电场的空间分布

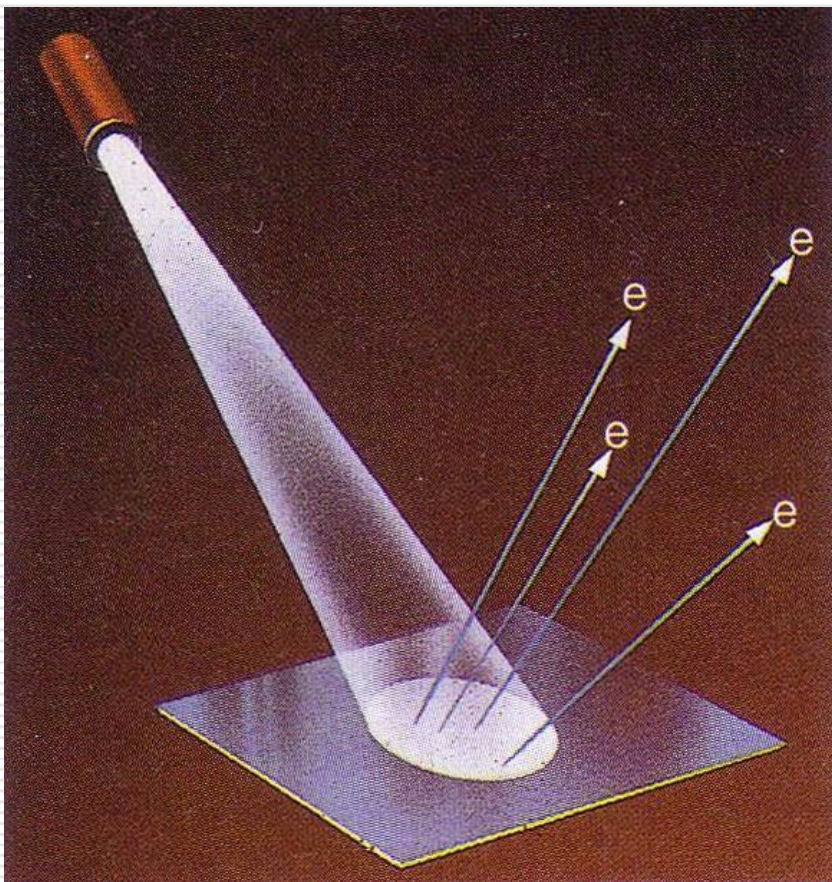
根据需要的电场分布设计特定的电荷分布

基于磁悬浮飞轮的垃圾能量收集储存系统





# 光电效应的应用

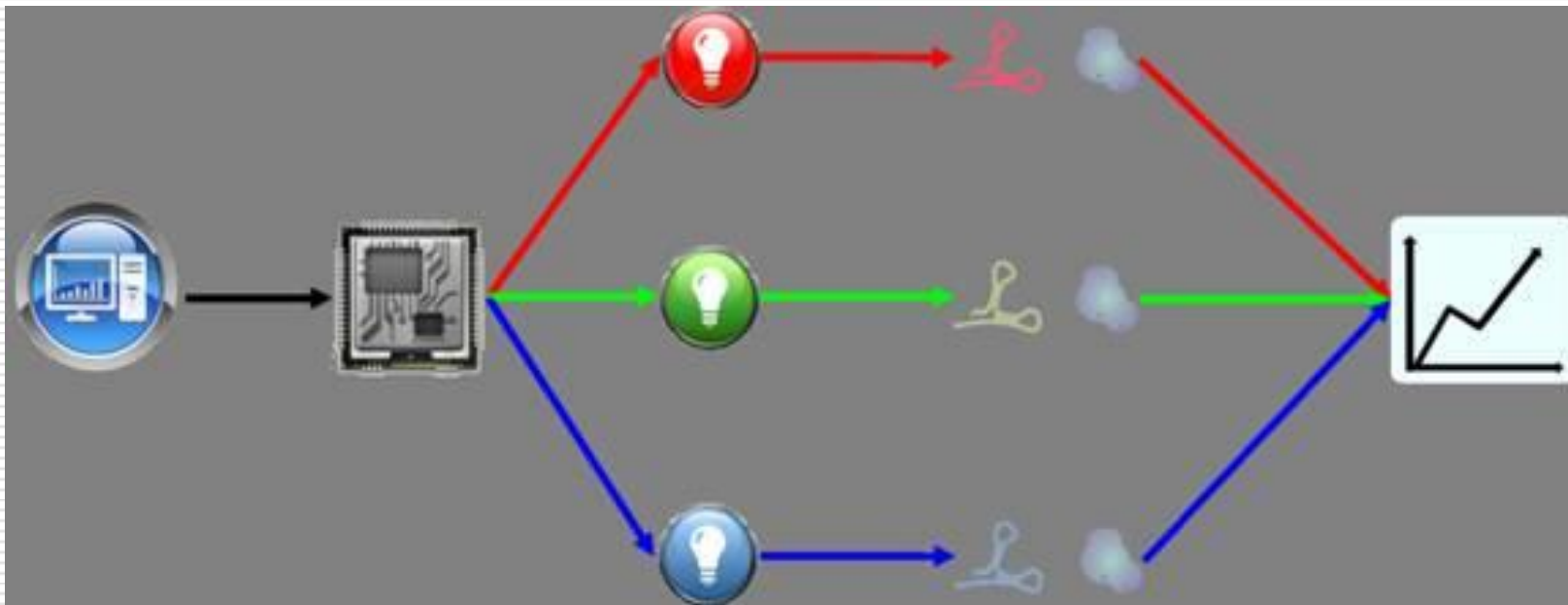


## 光电报警器





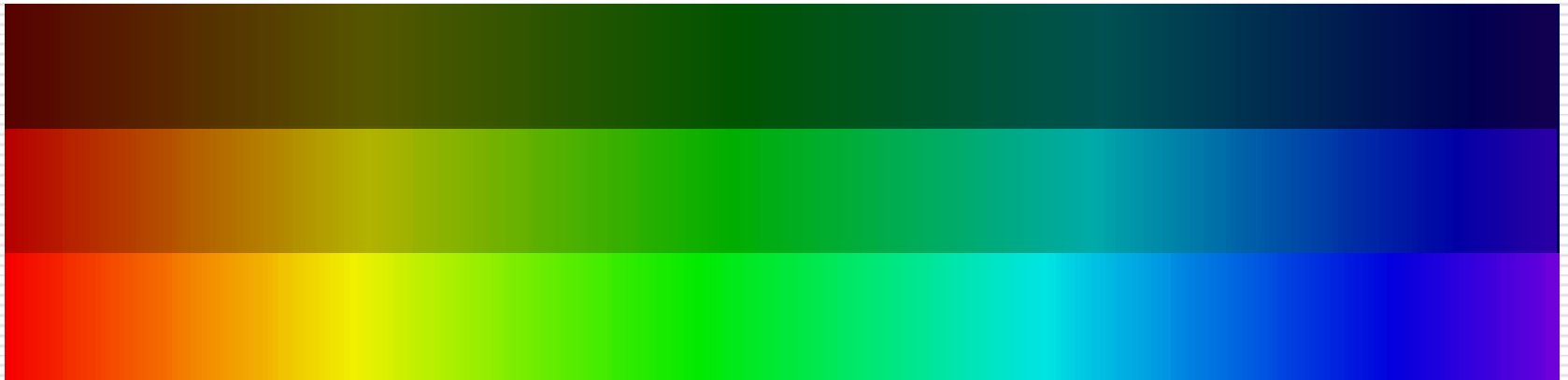
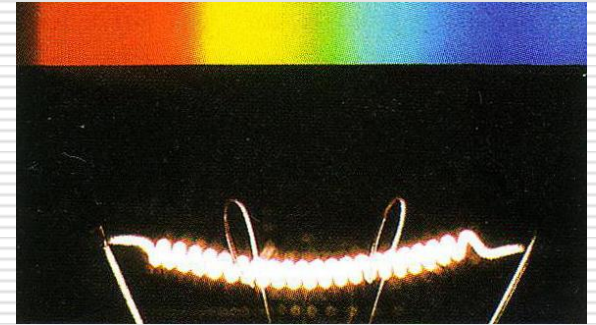
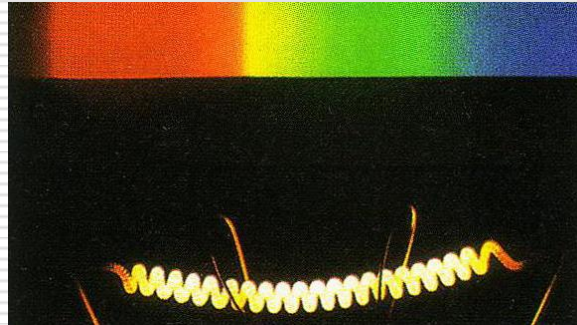
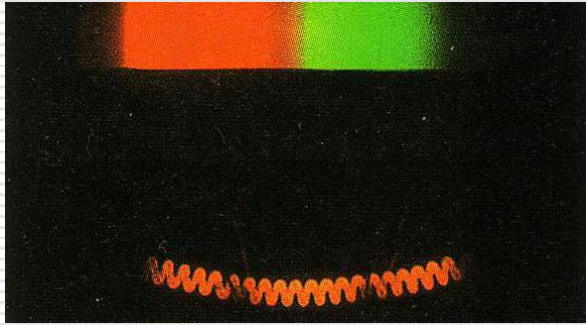
# 代谢工具箱”(Metabolic Gear Box)



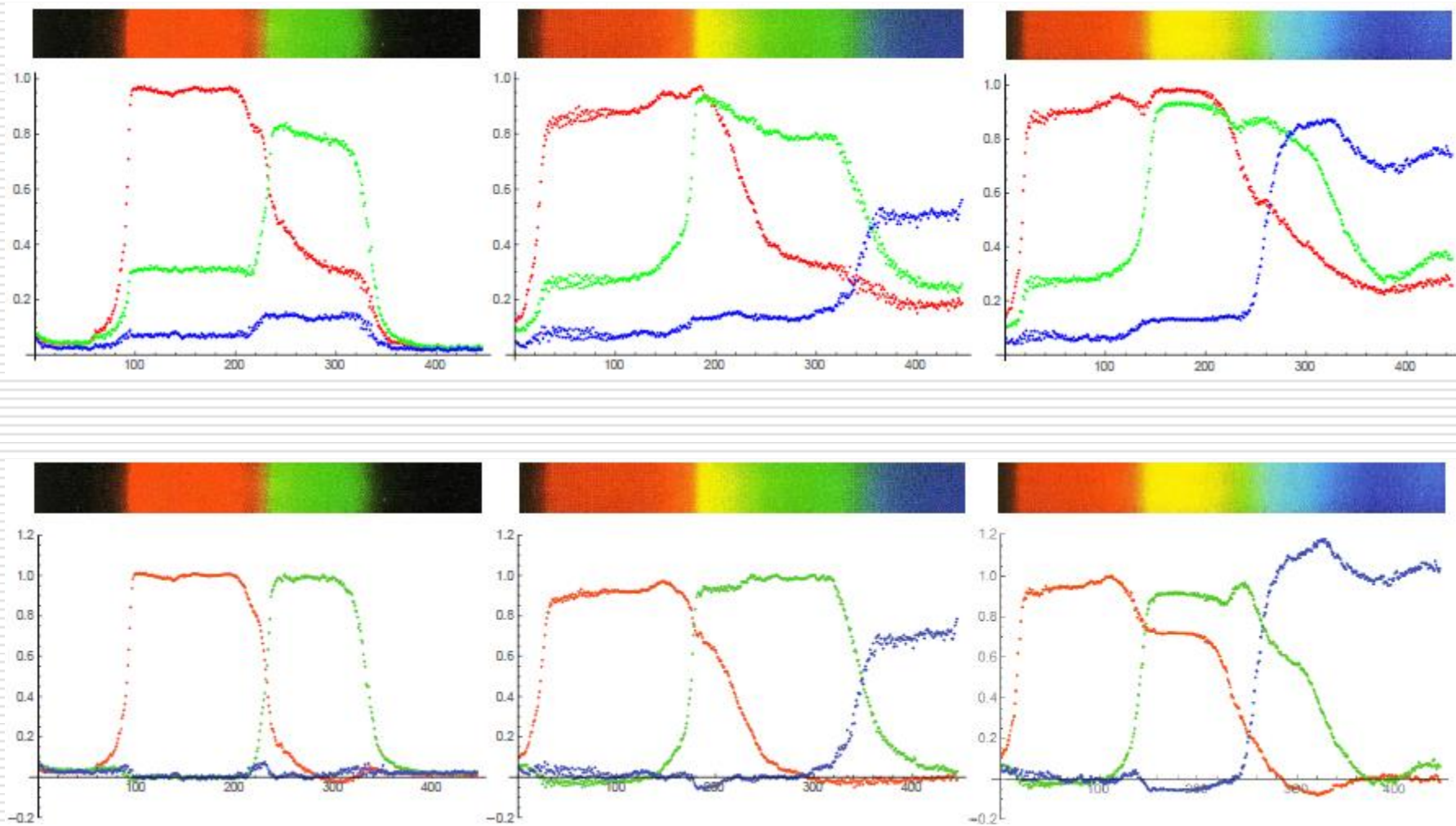
将生物感光系统及新兴的CRISPRi系统相结合，通过光、电信号控制一条代谢流中多个基因的表达，从而实现代谢流的体内优化。



# 分析第一张灯丝光谱中异常现象









# 小结

---

- ✦ 在教学环境中构建探索氛围
- ✦ 在探索氛围中培育创新意识与能力
- ✦ 适配学习者的认知特征和成长
- ✦ 在实施过程中注重环节和细节

我们的学生没有智力障碍或存在理解能力上的巨大差异。他们如果有问题主要是对课程的意义和价值的怀疑，而他们如果失败，一定不是课程的难度，而是他们的年轻和人生经验。



谢谢