

# 疯狂的实验

天津医科大学  
生物医学工程与技术学院

2018-2019 学年下学期（春）  
公共选修课

# 第一章 疯狂的实验——物理与化学

伊现富 (Yi Xianfu)

天津医科大学 (TIJMU)  
生物医学工程与技术学院

2018 年 2 月



# 教学提纲

- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂

# 教学提纲

- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂



## 中世纪西方世界最伟大的科学贡献

- 1304-1310 年，迪特里希·冯·弗莱贝格
- 将一个圆形的玻璃瓶注满水举到阳光下

## 科学问题

- 彩虹的成因

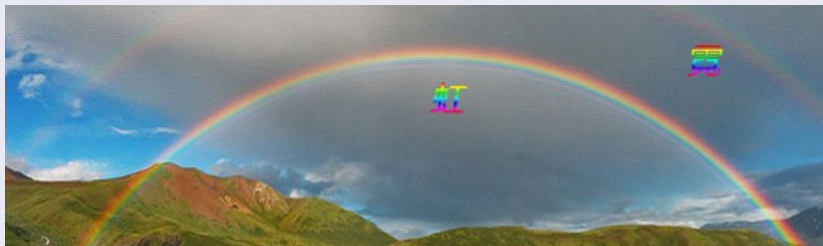


## 中世纪西方世界最伟大的科学贡献

- 1304-1310 年，迪特里希·冯·弗莱贝格
- 将一个圆形的玻璃瓶注满水举到阳光下

## 科学问题

- 彩虹的成因



## 已有成果

- 现象：人们只能在太阳位置很低的时候背向太阳看见彩虹
- 结论：雨以某种方式反射了日光

## 未解问题

- 为什么彩虹总是个始终一样大的弧形？
- 不同颜色的排列顺序该如何解释？
- 有时在一道彩虹上方还会出现第二道彩虹，且颜色排列顺序刚好相反，这是怎么回事？



## 已有成果

- 现象：人们只能在太阳位置很低的时候背向太阳看见彩虹
- 结论：雨以某种方式反射了日光

## 未解问题

- 为什么彩虹总是个始终一样大的弧形？
- 不同颜色的排列顺序该如何解释？
- 有时在一道彩虹上方还会出现第二道彩虹，且颜色排列顺序刚好相反，这是怎么回事？





## 实验方法

- 观察——无法解答彩虹的成因
- 实验——怎样才能把自然奇观带入实验室呢？

## 别人的实验

- 方法：用充满水的玻璃瓶模拟缩微的雨云
- 结果：出现不同的颜色，但产生不出彩虹



## 实验方法

- 观察——无法解答彩虹的成因
- 实验——怎样才能把自然奇观带入实验室呢？

## 别人的实验

- 方法：用充满水的玻璃瓶模拟缩微的雨云
- 结果：出现不同的颜色，但产生不出彩虹

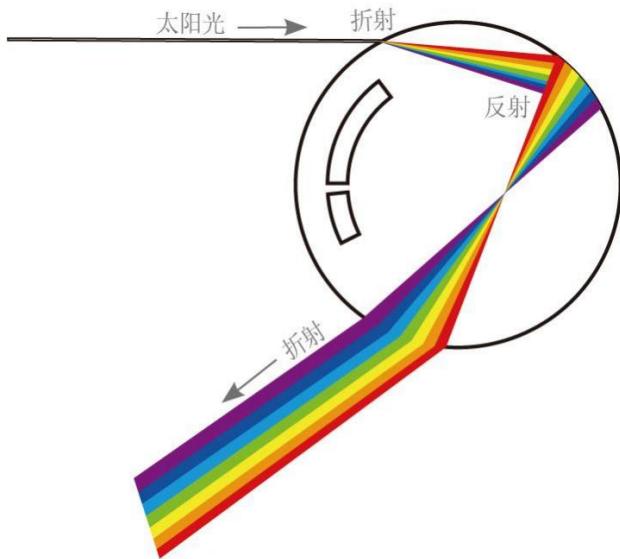


## 迪特里希的实验

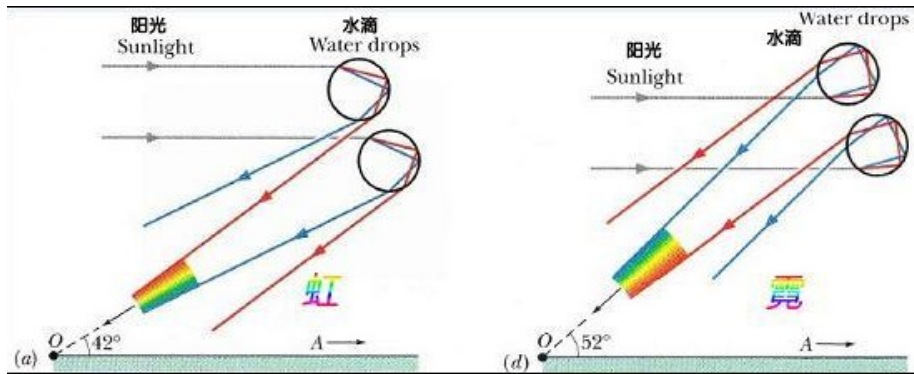
- 设想：弄清阳光在个别的水滴中发生了什么情况，就可以想见在阵雨中无数水滴同时生成这种效果时的情形。
- 材料：球形的水瓶
- 原理：模拟放大的水滴（而非缩微的云）
- 方法：追踪单独一道太阳光线穿过一滴水滴时的现象
- 结果：折射—反射—折射；折射—反射—反射—折射
- 结论：彩虹是由一类特殊的不断下落的镜子——雨滴所组成，它们前后相继接连不断地闪现彩虹的各种颜色。因为一直有雨滴持续落下，所以才会造成一个静止不动的颜色带的印象。
- 总结：**归纳法**（自然科学领域最为成功的原则）——由元素特性推及整体特性



# 归纳法 | 解析彩虹



# 归纳法 | 解析彩虹



## 迪特里希的遗憾

- 错误：彩虹上各种颜色产生取决于光线射入的深度和水的透明度
- 正确：不同颜色光的波长不同
- 番外：“破坏了彩虹的诗意”



# 教学提纲

- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂

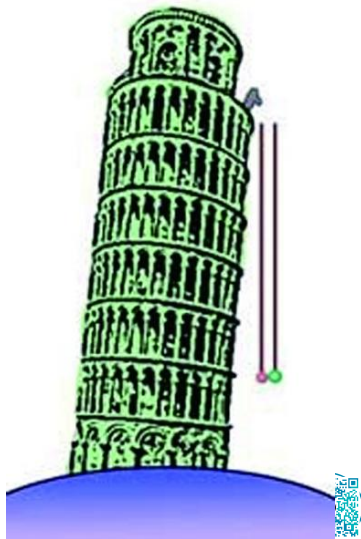


## 当时的科学

- 亚里士多德的观点：做自由落体的物体的下落速度与质量成正比
- 自然而然的推论：如果两块重量不等的石头自由坠落，较重的一块比较轻的一块落地更快

## 伽利略

- 实验（？）：比萨尔斜塔
- 思考：思维实验





## 伽利略的思维实验

- 材料与方法：把较重的石头和较轻的石头绑在一起
- 预期结果
  - ① 速度介于较快的速度和较慢的速度之间（两块石头互相掣肘）
  - ② 速度比一块石头下落得快（两块石头绑在一起比一块石头重）
- 结论：亚里士多德的定律出现自相矛盾，不攻自破
- 推论：物体下落的速度与其重量无关（与空气阻力有关）

## 归谬法

- 归谬法是一种论证方式，首先假设某命题成立，然后推理出矛盾、不符已知事实或荒谬难以接受的结果，从而下结论说某命题不成立。
- 反证法（又称背理法）是一种论证方式，它首先假设某命题不成立（即在原命题的条件下，结论不成立），然后推理出明显矛盾的结果，从而下结论说原假设不成立，原命题得证。

## 伽利略的思维实验

- 材料与方法：把较重的石头和较轻的石头绑在一起
- 预期结果
  - ① 速度介于较快的速度和较慢的速度之间（两块石头互相掣肘）
  - ② 速度比一块石头下落得快（两块石头绑在一起比一块石头重）
- 结论：亚里士多德的定律出现自相矛盾，不攻自破
- 推论：物体下落的速度与其重量无关（与空气阻力有关）

## 归谬法

- 归谬法是一种论证方式，首先假设某命题成立，然后推理出矛盾、不符已知事实或荒谬难以接受的结果，从而下结论说某命题不成立。
- 反证法（又称背理法）是一种论证方式，它首先假设某命题不成立（即在原命题的条件下，结论不成立），然后推理出明显矛盾的结果，从而下结论说原假设不成立，原命题得证。

## 伽利略的思维实验

- 材料与方法：把较重的石头和较轻的石头绑在一起
- 预期结果
  - ① 速度介于较快的速度和较慢的速度之间（两块石头互相掣肘）
  - ② 速度比一块石头下落得快（两块石头绑在一起比一块石头重）
- 结论：亚里士多德的定律出现自相矛盾，不攻自破
- 推论：物体下落的速度与其重量无关（与空气阻力有关）

## 归谬法

- 归谬法是一种论证方式，首先假设某命题成立，然后推理出矛盾、不符已知事实或荒谬难以接受的结果，从而下结论说某命题不成立。
- 反证法（又称背理法）是一种论证方式，它首先假设某命题不成立（即在原命题的条件下，结论不成立），然后推理出明显矛盾的结果，从而下结论说原假设不成立，原命题得证。

## 月球上的实验

- 1971 年，戴维·斯科特
- 在没有空气的月球大气中，他同时放下一片羽毛和一把重量为羽毛的 40 倍的锤子，二者同时降落在月球表面



# 教学提纲

- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂

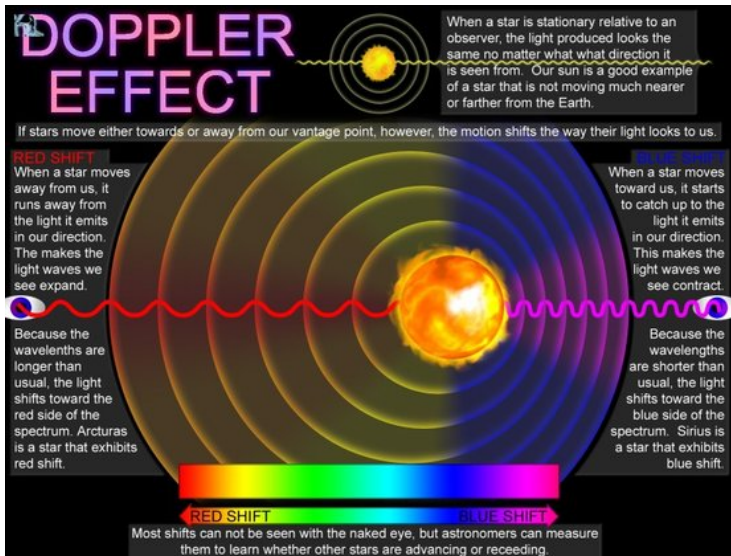


## 多普勒效应——光

- 已知：光像波一样传播，彩色的出现是由于光波传播速度不同——紫光最快，红光最慢。
- 理论：（此前从未有人注意到）光源和观察者的活动也会发生作用
- 计算：达到每秒 33 英里（191,190 km/h）时才能用肉眼观察到这一效应
- 实验：无法在实验室里证明多普勒效应……

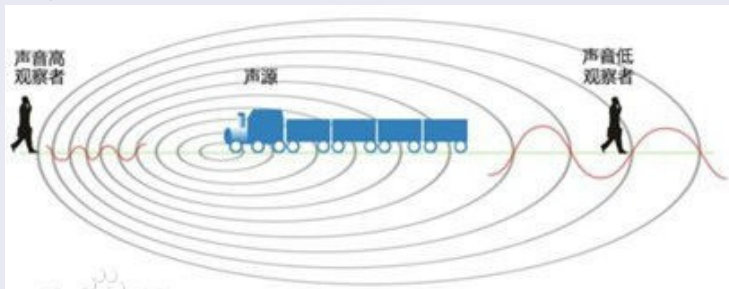


# 以音代光 | 多普勒效应



## 替代实验

- 基础：声音也以波的形式向外传播，只是速度比光慢很多
- 推测：对光线所做的假想用于声音应该“完全地、严格地”符合
- 计算：把“7”音听成高半度的“1”音，需要声源以 70 km/h 的速度接近观察者
- 实验：自从蒸汽机车发明以来，70 km/h 就在人们可以达到的范围之内





## 铁道上的号手

- 1845 年，克里斯托弗·拜斯·巴洛特
- 材料一：机车的汽笛
  - 优点：汽笛声音响亮，相距很远也能听见
  - 缺点：预实验发现汽笛的声调很不纯正，乐师很难准确判定它的高低
- 材料二：号手吹奏“5”音
- 设想非常简单：一位号手与两名协助者共同随车厢前进，其余号手分成 3 组等在轨道旁，每组间隔 400 米
  - 火车前行途中，车厢上的号手按实验要求吹奏“5”音，站在铁轨旁的乐手们各自记录音调的不同
  - 火车回退时角色倒置：轨道边的号手吹奏，车厢上的乐师记录
- 执行起来困难重重
  - 火车越快，噪音越大，号声越不清楚；火车很慢，音调差别非常细微，难以辨别
  - 速度确定在 18-72 km/h，但司机无法保证匀速行驶
  - 计划精准，但乐手们做不到在完全相符的时间内吹响小号

## 多普勒效应——声音

救护车靠近时，喇叭的音调变高，远离时就会变低。

## 多普勒效应的应用

- 巴洛特的预见：唯一的可能就是“没准儿以后会造出更好的乐器来”
- 实际应用：飞机导航系统，宇宙大爆炸理论，雷达陷阱，天文、化学、医药等领域



## 多普勒效应——声音

救护车靠近时，喇叭的音调变高，远离时就会变低。

## 多普勒效应的应用

- 巴洛特的预见：唯一的可能就是“没准儿以后会造出更好的乐器来”
- 实际应用：飞机导航系统，宇宙大爆炸理论，雷达陷阱，天文、化学、医药等领域



# 教学提纲

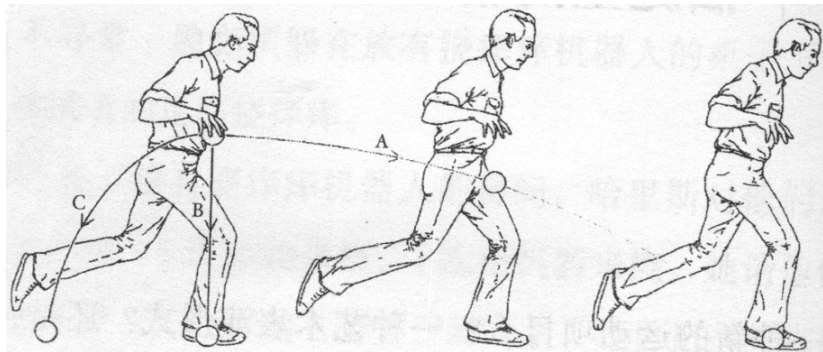
- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂

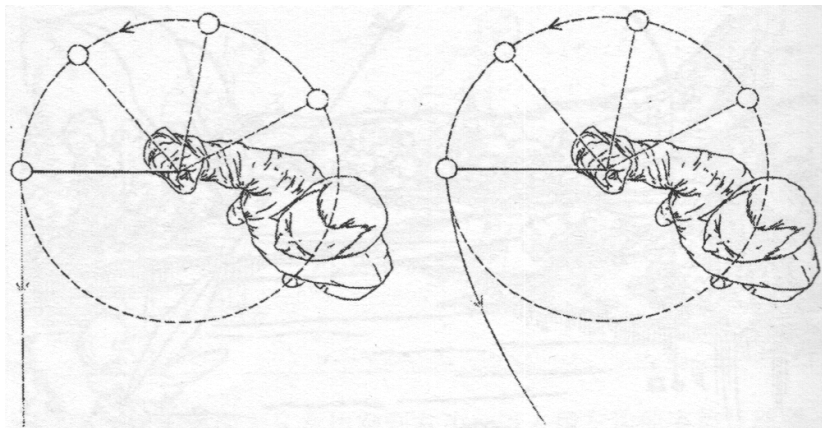




# 直觉与科学 | 运动定律 | 小测验 (1/2)



# 直觉与科学 | 运动定律 | 小测验 (2/2)



## 科学问题

具备不同物理学知识水平的人都是如何理解运动的。

## 冲力说

每个运动都必须由力来维持。冲力是球体中包含的力，维持球体的运动，只是与此同时，它会缓慢耗尽。一个物体停下来，是因为它内在的运动能量用尽了。

## 牛顿运动定律

- 如果一个人在行进中让一个球落下，那么该球会沿着一条与人前进方向一致的曲线朝着地面运动。
- 如果没有力的作用，物体总是沿着直线运动的。

## 教育家

只有事先消除已有的错误想法，新知识才能得到有效的传授。



## 科学问题

具备不同物理学知识水平的人都是如何理解运动的。

## 冲力说

每个运动都必须由力来维持。冲力是球体中包含的力，维持球体的运动，只是与此同时，它会缓慢耗尽。一个物体停下来，是因为它内在的运动能量用尽了。

## 牛顿运动定律

- 如果一个人在行进中让一个球落下，那么该球会沿着一条与人前进方向一致的曲线朝着地面运动。
- 如果没有力的作用，物体总是沿着直线运动的。

## 教育家

只有事先消除已有的错误想法，新知识才能得到有效的传授。

## 科学问题

具备不同物理学知识水平的人都是如何理解运动的。

## 冲力说

每个运动都必须由力来维持。冲力是球体中包含的力，维持球体的运动，只是与此同时，它会缓慢耗尽。一个物体停下来，是因为它内在的运动能量用尽了。

## 牛顿运动定律

- 如果一个人在行进中让一个球落下，那么该球会沿着一条与人前进方向一致的曲线朝着地面运动。
- 如果没有力的作用，物体总是沿着直线运动的。

## 教育家

只有事先消除已有的错误想法，新知识才能得到有效的传授。

## 科学问题

具备不同物理学知识水平的人都是如何理解运动的。

## 冲力说

每个运动都必须由力来维持。冲力是球体中包含的力，维持球体的运动，只是与此同时，它会缓慢耗尽。一个物体停下来，是因为它内在的运动能量用尽了。

## 牛顿运动定律

- 如果一个人在行进中让一个球落下，那么该球会沿着一条与人前进方向一致的曲线朝着地面运动。
- 如果没有力的作用，物体总是沿着直线运动的。

## 教育家

只有事先消除已有的错误想法，新知识才能得到有效的传授。

# 教学提纲

- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂



## 可口可乐案件

- 起因：美利坚合众国指控 40 大桶及 20 小桶可口可乐案（可口可乐中的咖啡因成分有毒且使人上瘾？）
- 1911 年，哈里·霍林沃斯，5 周时间，大规模实验
  - 16 名年龄在 19-39 岁的被试者
  - 反复测试注意力、检验感知力、考问并评定判断力
  - 做心算题、说出颜色名称、找出反义词
  - “咖啡因组”（含有咖啡因的胶囊），“安慰剂对照组”（含有乳糖的胶囊）
  - 从 64000 次测量中提取出一个清晰的供述，展示各种图形、表格
  - 咖啡因：一种温和的兴奋剂（大量服用可能会影响睡眠）



## 可口可乐案件

- 起因：美利坚合众国指控 40 大桶及 20 小桶可口可乐案（可口可乐中的咖啡因成分有毒且使人上瘾？）
- 1911 年，哈里·霍林沃斯，5 周时间，大规模实验
  - 16 名年龄在 19-39 岁的被试者
  - 反复测试注意力、检验感知力、考问并评定判断力
  - 做心算题、说出颜色名称、找出反义词
  - “咖啡因组”（含有咖啡因的胶囊），“安慰剂对照组”（含有乳糖的胶囊）
  - 从 64000 次测量中提取出一个清晰的供述，展示各种图形、表格
  - 咖啡因：一种温和的兴奋剂（大量服用可能会影响睡眠）



## 后续影响

- 案件：没能对诉讼结果产生任何影响
- 霍林沃斯在极为有限的时间内进行了极为合理的科学实验，迄今为止，它仍被视为周密而可靠的典范。
- (妻子) 莉塔·霍林沃斯成功运用可口可乐实验的方法，令人信服地证明了——月经周期并不会影响女性的智力。（博士论文——《功能性的周期：通过实验研究女性在月经期间的智力及运动能力》）



# 教学提纲

- 1 解析彩虹——归纳法
- 2 自由落体——头脑风暴
- 3 多普勒效应——以音代光

- 4 运动定律——直觉与科学
- 5 咖啡因——科学典范
- 6 史海撷华——真正的疯狂





## 哲学家的短袜

- 1758 年，罗伯特·西默（“赤脚哲学家”），《哲学学报》
- 对“脱袜子噼噼啪啪响”这一现象以一种哲学的方式进行观察
- 实验观察绝对充分
  - 研究材料的普遍性——袜子
  - 实验进行的极端简易性——穿上和脱掉袜子
- 实验相当细致
  - 曾 3 次在皇家协会的集会上讲解实验
  - 报告细节丰富，长达 30 页，包括由此引起的启迪与思索
- 结果与改进
  - 测试棉袜、毛袜和丝袜后发现毛袜和丝袜最适宜做实验
  - 毛袜穿在丝袜外面还是相反无关紧要
  - 只用白色和黑丝的丝袜（反应最强烈）
  - 把长袜套在手上（清洁，袜子可以用得更久）

## 哲学家的短袜

- 1758 年，罗伯特·西默（“赤脚哲学家”），《哲学学报》
- 对“脱袜子噼噼啪啪响”这一现象以一种哲学的方式进行观察
- 实验观察绝对充分
  - 研究材料的普遍性——袜子
  - 实验进行的极端简易性——穿上和脱掉袜子
- 实验相当细致
  - 曾 3 次在皇家协会的集会上讲解实验
  - 报告细节丰富，长达 30 页，包括由此引起的启迪与思索
- 结果与改进
  - 测试棉袜、毛袜和丝袜后发现毛袜和丝袜最适宜做实验
  - 毛袜穿在丝袜外面还是相反无关紧要
  - 只用白色和黑丝的丝袜（反应最强烈）
  - 把长袜套在手上（清洁，袜子可以用得更久）

## 电流下的宦官

- 现象：用莱顿瓶给一列人通电，一些表演中电的影响在链条中部消失了
- 猜想：断点处的年轻人“不具备男性特征所要求的一切”
- 实验：西戈·德拉丰，国王的 3 个阉人乐师
- 结果：国王的宦官们并没有干扰链条中的电流，相反，他们看上去对于电击的反应更加敏感
- 原因：人们所站的地面的导电性



## 电流下的宦官

- 现象：用莱顿瓶给一列人通电，一些表演中电的影响在链条中部消失了
- 猜想：断点处的年轻人“不具备男性特征所要求的一切”
- 实验：西戈·德拉丰，国王的 3 个阉人乐师
- 结果：国王的宦官们并没有干扰链条中的电流，相反，他们看上去对于电击的反应更加敏感
- 原因：人们所站的地面的导电性



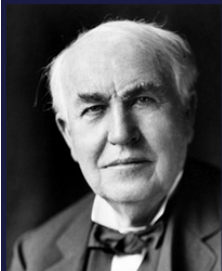
## 富兰克林的风筝

- 1752 年，本杰明·富兰克林，在雷雨天放飞风筝
- 想证明“天上的电”和“地上的电”是同一回事
- “人类做过的最勇敢的一次实验”！？

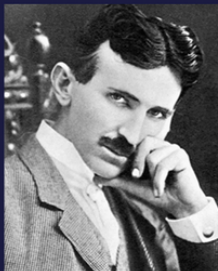


# 真正的疯狂 | 《电流大战》

一部影响整个人类工业文明进程的商业史传奇  
三位开创、生产和输送电的先驱者——爱迪生、特斯拉和威斯汀豪斯  
**一场意想不到的电气化竞争**



大发明家爱迪生



科学奇才特斯拉



企业家、电力先锋  
威斯汀豪斯

爱迪生经过艰辛的努力，将他的直流电（DC）技术引进喧闹的纽约，而特斯拉和威斯汀豪斯用他们的交流电（AC）技术与之抗衡，于是引发了一场美国公司历史上最独特的对垒——电流之战。



# 真正的疯狂 | 把油倒入水中

## 航海——抑制波浪

- 现象：用油来平息波浪
- 实验：富兰克林，阿沙尔，约翰·希尔兹，海因里希·徐讷福斯

## 化学——单分子层

- 现象：一滴油会“急速、剧烈地”在水面“扩散成很大一片”
- 应用：估算分子直径 → 解析甘油三油酸酯

## 生物学——细胞膜

- 现象：某些物质对细胞膜的穿透性与它们在橄榄油中的溶解性有着独特的关联
- 应用：找出了包裹细胞的薄膜的成分 → 血细胞的细胞膜一定有两个分子那么“厚”

# 真正的疯狂 | 把油倒入水中

## 航海——抑制波浪

- 现象：用油来平息波浪
- 实验：富兰克林，阿沙尔，约翰·希尔兹，海因里希·徐讷福斯

## 化学——单分子层

- 现象：一滴油会“急速、剧烈地”在水面“扩散成很大一片”
- 应用：估算分子直径 → 解析甘油三油酸酯

## 生物学——细胞膜

- 现象：某些物质对细胞膜的穿透性与它们在橄榄油中的溶解性有着独特的关联
- 应用：找出了包裹细胞的薄膜的成分 → 血细胞的细胞膜一定有两个分子那么“厚”



# 真正的疯狂 | 把油倒入水中

## 航海——抑制波浪

- 现象：用油来平息波浪
- 实验：富兰克林，阿沙尔，约翰·希尔兹，海因里希·徐讷福斯

## 化学——单分子层

- 现象：一滴油会“急速、剧烈地”在水面“扩散成很大一片”
- 应用：估算分子直径 → 解析甘油三油酸酯

## 生物学——细胞膜

- 现象：某些物质对细胞膜的穿透性与它们在橄榄油中的溶解性有着独特的关联
- 应用：找出了包裹细胞的薄膜的成分 → 血细胞的细胞膜一定有两个分子那么“厚”

## 狭义相对论

时间在不同的地方流逝的速度是不一样的，而是和物体运动的速度有关。运动快的物体，它的时间也就过得更慢。

## 广义相对论

时钟的快慢不仅与它的运动速度有关，也与重力有关。时钟在山顶上要比在山谷中走得快些。

## 原子钟环球飞行

- 爱因斯坦的理论在日常生活中无法被证明：必须以接近光速的高速运动，或者使用足够精确的时钟
- 1971 年，理查德·基廷，约瑟夫·海富勒，2 只重 60 公斤的原子钟，波音 747 飞机
- “如果您想活得更久，您只需要向东飞。”（注：十亿分之一秒量级）——霍金

## 狭义相对论

时间在不同的地方流逝的速度是不一样的，而是和物体运动的速度有关。运动快的物体，它的时间也就过得更慢。

## 广义相对论

时钟的快慢不仅与它的运动速度有关，也与重力有关。时钟在山顶上要比在山谷中走得快些。

## 原子钟环球飞行

- 爱因斯坦的理论在日常生活中无法被证明：必须以接近光速的高速运动，或者使用足够精确的时钟
- 1971 年，理查德·基廷，约瑟夫·海富勒，2 只重 60 公斤的原子钟，波音 747 飞机
- “如果您想活得更久，您只需要向东飞。”（注：十亿分之一秒量级）——霍金

## 狭义相对论

时间在不同的地方流逝的速度是不一样的，而是和物体运动的速度有关。运动快的物体，它的时间也就过得更慢。

## 广义相对论

时钟的快慢不仅与它的运动速度有关，也与重力有关。时钟在山顶上要比在山谷中走得快些。

## 原子钟环球飞行

- 爱因斯坦的理论在日常生活中无法被证明：必须以接近光速的高速运动，或者使用足够精确的时钟
- 1971 年，理查德·基廷，约瑟夫·海富勒，2 只重 60 公斤的原子钟，波音 747 飞机
- “如果您想活得更久，您只需要向东飞。”（注：十亿分之一秒量级）——霍金

## 生命——符合地球生命的构成原则

- 生命是以碳元素为基础形成的。
- 地球生命的共同特征是新陈代谢，所有生命体都要从外界吸收养料并排除废物。

## 火星生命？

- 1976 年，吉尔伯特·莱温，“海盗 1 号”，火星土壤，喷洒含有放射性标记碳元素的营养剂
- 结果：逸出的气体带放射性
- 结论：土壤中的生命“吃掉”了营养剂并释放了废弃物？非生物的化学氧化反应？



## 生命——符合地球生命的构成原则

- 生命是以碳元素为基础形成的。
- 地球生命的共同特征是新陈代谢，所有生命体都要从外界吸收养料并排除废物。

## 火星生命？

- 1976 年，吉尔伯特·莱温，“海盗 1 号”，火星土壤，喷洒含有放射性标记碳元素的营养剂
- 结果：逸出的气体带放射性
- 结论：土壤中的生命“吃掉”了营养剂并释放了废弃物？非生物的化学氧化反应？



## 我们尚未遇见外星文明的 12 种解释【1/2】

- ❶ 生命唯一论（宇宙孤岛论）：地球有可能是宇宙中唯一存在生命的地方
- ❷ 大过滤器理论：大过滤器将许多牛逼的文明都干掉了
- ❸ 技术自杀论：所有文明发展到一定程度的时候，还没有到达能够跟人类联络的阶段，自己的科技就把自己毁灭了，所以根本没有超级文明存在
- ❹ 黑暗森林理论：任何暴露自己存在的生命都将很快被消灭
- ❺ 超级文明理论：超级文明（清零者）在全宇宙里都布置了哨卡，任何一种新的文明出现，它会将其视为病毒进行清理
- ❻ 动物园理论：超级文明一时兴起把人类圈养起来，这时地球就变成了超级文明的动物园



## 我们尚未遇见外星文明的 12 种解释【2/2】

- ⑦ 天文馆理论：超级文明特地为隔离地球造了一个宇宙天文馆，让居于其中的人类误以为除了地球没有其他文明存在
- ⑧ 缸中之脑理论：人类社会的所有生活，包括金钱、物质、感情，都只是代码
- ⑨ 宇宙全息理论：宇宙是个投影，物质并不存在，世间只有信息，我们感受到的宇宙其实是外界的信息
- ⑩ 文明等差理论：高等文明就在人类身边，但是仍处于低等文明阶段的人类无法察觉到他们，这是文明维度的根本差异造成的，与其他因素无关
- ⑪ 微生物理论（巨人理论）：地球只不过是在巨型生物体内运行的一个小细胞，而人类只是这细胞里更微小的构成
- ⑫ 平行世界理论：各种文明可能处于同一空间体系，但时间体系不同；有可能处于同一时间体系，但空间体系不同



## “真空”

- “自然界厌恶真空”？
- “空气有重量”！
- 应用：吸管、吸尘器……



## 以太

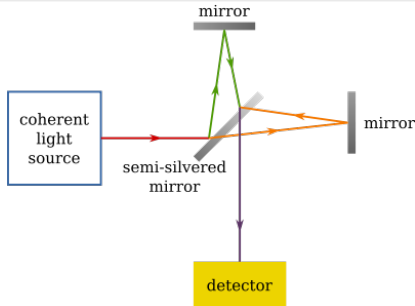
- 每一种波都需要介质才能传播——声波需要空气，水波需要水，光波呢？（以太？）
- 1881 年，阿尔伯特·迈克尔逊（1907 年，诺贝尔物理学奖），“干涉折光仪”；1887 年，迈克尔逊、爱德华·莫雷
- 目的：找到以太存在的证据
- 原理：“以太风”会影响光的传播（“顺风”，“逆风”）——只需测出不同光线的速度差异，便可以证明以太的存在
- 策略：光速太快——通过某种方法直接算出两束光线的速度差异，无须确定各自光线的绝对速度



# 真正的疯狂 | 最成功的失败实验

## 以太

- 过程：两束光——一束光：“逆风” — “顺风”；另一束光：“侧风” — “侧风”
- 预期：第二束光永远是赢家（？）
- 结果：并未认出那一道光才是赢家，两束光总是同时回来
- 结论：唯一可能的解释——根本就没有以太



## 沥青滴落实验

- 1927 年，托马斯·帕奈尔，澳大利亚布里斯班市昆士兰大学
- 目的：测量极高黏度沥青在室温环境下的流动速度，演示沥青的某种已知特性，同时尝试发现沥青的新型特征
- 1930 (0) —1938.12 (1) —1947.2 (2) —1954.4 (3) —1962.5 (4) —1970.8 (5) —1979.4 (6) —1988.7 (7) —2000.11.28 (8) —2014.4.20 (9)
- 结果：沥青的黏度大约是水的千亿倍
- 影响
  - 2003 年，“世界上持续时间最长的实验”——《吉尼斯世界纪录》
  - 2005 年，托马斯·帕奈尔，约翰·梅恩斯通，“搞笑诺贝尔奖”
  - 2006 年，网站——“网上最无聊的页面”
  - “沥青滴落实验”乐团在聚友网发布三首单曲——《第一滴》、《第二滴》、《第三滴》

## 沥青滴落实验

- 1927 年，托马斯·帕奈尔，澳大利亚布里斯班市昆士兰大学
- 目的：测量极高黏度沥青在室温环境下的流动速度，演示沥青的某种已知特性，同时尝试发现沥青的新型特征
- 1930 (0) — 1938.12 (1) — 1947.2 (2) — 1954.4 (3) — 1962.5 (4) — 1970.8 (5) — 1979.4 (6) — 1988.7 (7) — 2000.11.28 (8) — 2014.4.20 (9)
- 结果：沥青的黏度大约是水的千亿倍
- 影响
  - 2003 年，“世界上持续时间最长的实验”——《吉尼斯世界纪录》
  - 2005 年，托马斯·帕奈尔，约翰·梅恩斯通，“搞笑诺贝尔奖”
  - 2006 年，网站——“网上最无聊的页面”
  - “沥青滴落实验”乐团在聚友网发布三首单曲——《第一滴》、《第二滴》、《第三滴》

## 沥青滴落实验

沥青滴漏实验时间表

年份	状况	到达此状态 所用时间	从切开封口 所用总时间	从架设实验 所用总时间
1927年	架设实验	/	/	/
1930年	切开封口	3年	/	3年
1938年12月	第一滴	8年11个月	8年11个月	11年11个月
1947年2月	第二滴	8年3个月	17年1个月	20年1个月
1954年4月	第三滴	7年2个月	24年3个月	27年3个月
1962年5月	第四滴	8年1个月	32年4个月	35年4个月
1970年8月	第五滴	8年3个月	40年7个月	43年7个月
1979年4月	第六滴	8年8个月	49年3个月	52年3个月
1988年7月	第七滴	9年3个月	58年6个月	61年6个月
2000年11月28日	第八滴	12年5个月	70年11个月	73年11个月
2014年4月20日	第九滴	13年6个月	84年5个月	87年5个月

## 浴缸宇航员

- 目的：研究失重状态对人体的影响（生理机能、饮食、睡眠……）
- 卧床研究——10 名男子躺着度过 2 个星期，不理想
- 解决方案——水，在地球上水能够最好地模拟无重力状态
- 1960.1.27—2.3，杜安·格拉韦林（“浴缸里的上尉”），长 2 米、宽 1 米的水箱
- 结果：每一天格拉韦林都觉得爬出浴缸变得更加困难
- 实验完善——带上防水头盔，完全在水下度过数日
- 1986 年，鲍里斯·莫鲁科夫，持续时间最长（一年）的卧床研究

## 眩晕轰炸机

- 人在空气中以何种方式坠落，并不影响其失重状态。
- 时至今日，飞机的抛物线飞行是在地球重力场制造长达半分钟失重状态的唯一途径。

## 浴缸宇航员

- 目的：研究失重状态对人体的影响（生理机能、饮食、睡眠……）
- 卧床研究——10 名男子躺着度过 2 个星期，不理想
- 解决方案——水，在地球上水能够最好地模拟无重力状态
- 1960.1.27—2.3，杜安·格拉韦林（“浴缸里的上尉”），长 2 米、宽 1 米的水箱
- 结果：每一天格拉韦林都觉得爬出浴缸变得更加困难
- 实验完善——带上防水头盔，完全在水下度过数日
- 1986 年，鲍里斯·莫鲁科夫，持续时间最长（一年）的卧床研究

## 眩晕轰炸机

- 人在空气中以何种方式坠落，并不影响其失重状态。
- 时至今日，飞机的抛物线飞行是在地球重力场制造长达半分钟失重状态的唯一途径。



## 浴缸宇航员

- 目的：研究失重状态对人体的影响（生理机能、饮食、睡眠……）
- 卧床研究——10 名男子躺着度过 2 个星期，不理想
- 解决方案——水，在地球上水能够最好地模拟无重力状态
- 1960.1.27—2.3，杜安·格拉韦林（“浴缸里的上尉”），长 2 米、宽 1 米的水箱
- 结果：每一天格拉韦林都觉得爬出浴缸变得更加困难
- 实验完善——带上防水头盔，完全在水下度过数日
- 1986 年，鲍里斯·莫鲁科夫，持续时间最长（一年）的卧床研究

## 眩晕轰炸机

- 人在空气中以何种方式坠落，并不影响其失重状态。
- 时至今日，飞机的抛物线飞行是在地球重力场制造长达半分钟失重状态的唯一途径。

## 刮擦黑板声的听觉效应

- 1975 年，大卫·伊莱
- 现象：刮擦黑板声——难以忍受，耳朵疼痛，鸡皮疙瘩，冒冷汗……原因为何？
- 猜想：不是噪音本身，而是对其产生过程的想象
- 实验：16 位被试者（一部分知情，一部分不知情），刮擦黑板声（实验）和无害音组成的音列（对照），记录皮肤电阻（人体兴奋程度的度量指标）
- 结果：有时知情组被试者的皮肤电阻更高，有时却是不知情组的数值更高



## 刮擦黑板声的听觉效应

- 1975 年，大卫·伊莱
- 现象：刮擦黑板声——难以忍受，耳朵疼痛，鸡皮疙瘩，冒冷汗……原因为何？
- 猜想：不是噪音本身，而是对其产生过程的想象
- 实验：16 位被试者（一部分知情，一部分不知情），刮擦黑板声（实验）和无害音组成的音列（对照），记录皮肤电阻（人体兴奋程度的度量指标）
- 结果：有时知情组被试者的皮肤电阻更高，有时却是不知情组的数值更高



## 一把园艺镰刀在石板上的缓慢刮擦

- 实验 1：24 名被试者，16 种声音，记录被试者的评价，筛选出得分最差的声音
- 实验 2：合成“人造数字版本”的镰刀刮擦声，同样令人难以忍受
- 假设：过高的频率
- 实验 3：降低高频——结果依旧（意外发现：低频部分缺失时，声音变得可以忍受了）
- 猜想
  - 这种声音与猕猴发出的示警叫声相似
  - 【通感】条件反射（人们想象着手指甲刮过黑板时令人不适的触感，才会产生这种强烈的反应）
- 获奖：2006 年，搞笑诺贝尔奖，哈尔彭、布雷克、希伦布兰德



## 候诊室里的汗液提取物

- 生物学家：许多动物之间通过易于扩散的性吸引物质配对
- 心理学家：人类已经进化得太高等，这种低级的影响没有作用
- 实验
  - 雄烯二酮（男子腋下汗液的一种提取物）
  - 迈克尔·柯克—史密斯（实验设计），不知道实验目的的助手（负责记录）
  - 开始 4 天仅观察，接下来的 5 周，喷洒雄烯二酮
- 结果结论
  - 在人类选择配偶的过程中，荷尔蒙也是起很大作用的。
  - 雄烯二酮的作用是很微弱的，而且很可能被许多其他因素掩盖效果
- 后续影响
  - 把雄烯二酮兑到神秘香水里
  - BBC 在隐秘摄像机的拍摄下重做实验

## 候诊室里的汗液提取物

- 生物学家：许多动物之间通过易于扩散的性吸引物质配对
- 心理学家：人类已经进化得太高等，这种低级的影响没有作用
- 实验
  - 雄烯二酮（男子腋下汗液的一种提取物）
  - 迈克尔·柯克—史密斯（实验设计），不知道实验目的的助手（负责记录）
  - 开始 4 天仅观察，接下来的 5 周，喷洒雄烯二酮
- 结果结论
  - 在人类选择配偶的过程中，荷尔蒙也是起很大作用的。
  - 雄烯二酮的作用是很微弱的，而且很可能被许多其他因素掩盖效果
- 后续影响
  - 把雄烯二酮兑到神秘香水里
  - BBC 在隐秘摄像机的拍摄下重做实验

# 双盲实验



## 菜园里的尸体

- 课题：“尸体动物群”学说
- 材料：死婴，牛、猫、狐狸、老鼠、鼯鼠的腐尸
- 问题
  - 尸体昆虫是以什么样的顺序在一具死尸上进行繁殖的？
  - 人类尸体上的昆虫与动物尸体上的昆虫有无不同？
  - 季节对尸体动物群有何影响？
  - 一具尸体从被腐蚀到只剩下骨头需要多长时间？
- 应用
  - 对于尸体上昆虫繁殖顺序的了解关系到死亡时间的确定
  - 法庭昆虫学已经成为犯罪侦查学的一个分支





## 死鲸沉没

- 1992 年，克雷格·史密斯
- 课题：当大块有机材料沉没时，深海里到底会发生什么
- 材料：死鲸
- 实验：寻找鲸尸体，让死鲸沉没，申请资金，潜艇下潜观察，鲨鱼威胁，……
- 推测：某种物种完全只以鲸尸体为食（80 年，16 千米）



## 尸体农场

- 问题
  - 胳膊经过多久才会掉下来？
  - 牙齿什么时候从头骨上脱落？
  - 昆虫以何种顺序在尸体上繁殖？
  - 从一具躯体变为只剩骨架需要多长时间？
- 1981 年，比尔·巴斯，人类学研究机构（“尸体农场”）
- 1993 年，帕特丽夏·康韦尔，惊悚罪案小说《尸体农场》



## 耶稣蜥蜴如何在水面飞驰

- 1992 年，詹姆斯·格拉希恩
- 材料：耶稣蜥蜴——亲自到原始森林去寻找
- 其他：饲养蜥蜴，架设大水盆，高速摄像机，流体力学理论，……
- 原理：拍打水面——表面张力的反作用力——压出气囊
- 人：80 kg, 110 km/h



## 耶稣蜥蜴如何在水面飞驰

- 1992 年，詹姆斯·格拉希恩
- 材料：耶稣蜥蜴——亲自到原始森林去寻找
- 其他：饲养蜥蜴，架设大水盆，高速摄像机，流体力学理论，……
- 原理：拍打水面——表面张力的反作用力——压出气囊
- 人：80 kg, 110 km/h



## 黏滞度对游泳的影响

- 问题：在糖浆里游泳比在水里更快、更慢还是速度相当？
- 历史悠久：自 17 世纪以来 400 年
  - 牛顿：速度更慢
  - 惠更斯：液体的黏滞度不会带来任何影响
- 2003 年，艾德·喀斯勒、布莱恩盖·特芬格
- 准备：22 份批准书，材料（凝结剂），搅拌均匀
- 实验：9 位竞技游泳选手，6 位业余游泳选手，25 米水—50 米糖浆—25 米水
- 结果：游泳者在水和糖浆里的速度基本一样
- 解释：阻力更大、推力也更大，两个力增加的强度相等，因此相互抵消
- 获奖：2005 年，搞笑诺贝尔化学奖

## 黏滞度对游泳的影响

- 问题：在糖浆里游泳比在水里更快、更慢还是速度相当？
- 历史悠久：自 17 世纪以来 400 年
  - 牛顿：速度更慢
  - 惠更斯：液体的黏滞度不会带来任何影响
- 2003 年，艾德·喀斯勒、布莱恩盖·特芬格
- 准备：22 份批准书，材料（凝结剂），搅拌均匀
- 实验：9 位竞技游泳选手，6 位业余游泳选手，25 米水—50 米糖浆—25 米水
- 结果：游泳者在水和糖浆里的速度基本一样
- 解释：阻力更大、推力也更大，两个力增加的强度相等，因此相互抵消
- 获奖：2005 年，搞笑诺贝尔化学奖

## 科学的方法

- 方法：归纳法、归谬法、替代法、逆向思维
- 实验：对照实验、双盲实验

## 科学的真相

- 空想容易实干难  $\implies$  “工匠精神”
- 结果有趣过程枯燥  $\implies$  “耐得住寂寞”
- “智慧简单又不简单”  $\implies$  “任何事情做到极致都是艺术”
- 大胆、细心、严谨、耐心
- 科学没有贵贱之分，但科学家有善恶之别



## 科学的方法

- 方法：归纳法、归谬法、替代法、逆向思维
- 实验：对照实验、双盲实验

## 科学的真相

- 空想容易实干难  $\implies$  “工匠精神”
- 结果有趣过程枯燥  $\implies$  “耐得住寂寞”
- “智慧简单又不简单”  $\implies$  “任何事情做到极致都是艺术”
- 大胆、细心、严谨、耐心
- 科学没有贵贱之分，但科学家有善恶之别







TEX

L<sup>A</sup>TEX

X<sub>Y</sub>TEX

Beamer

