

# 固体物理学

2023年春季

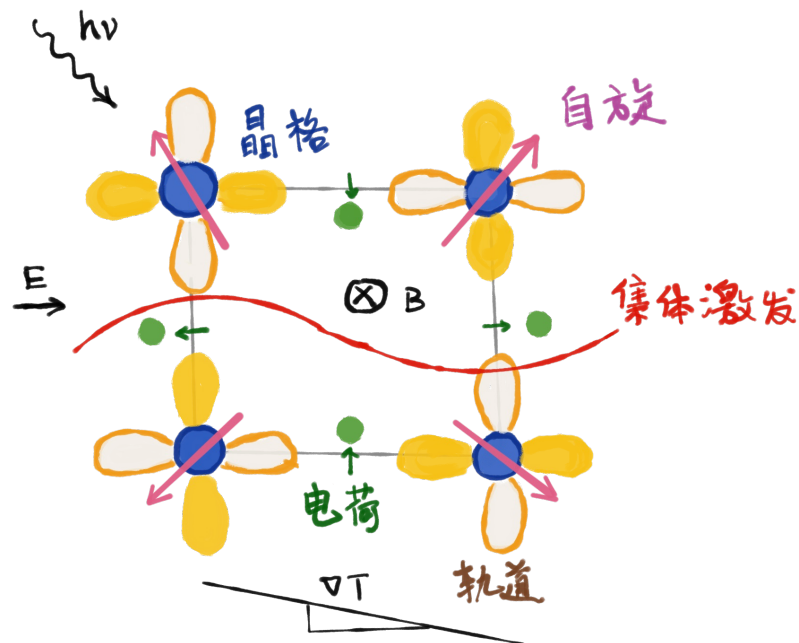
# 课程内容

**教学目标:** 阐释固体物质中的基本现象和理论, 介绍前沿研究中的一些话题

**先修课程:** 量子力学, 平衡态统计力学

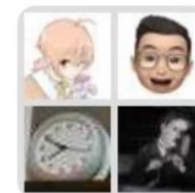
## 教学计划

- 早期的固体理论 (4小时)
- 晶体的结构 (8小时)
- 电子的能带理论 (8小时)
- 半经典输运理论 (8小时)
- 晶格动力学 (8小时)
- 磁序和磁性 (12小时)
- 超导现象和理论 (10小时)



# 课程基本安排

- **教师:** 冯济 [jfeng11@pku.edu.cn](mailto:jfeng11@pku.edu.cn)  
主页 <http://feng.pku.edu.cn/>
- **助教:** 高宇辰 [gaoyuchen@pku.edu.cn](mailto:gaoyuchen@pku.edu.cn)  
宋飞彤 [songfeitong@pku.edu.cn](mailto:songfeitong@pku.edu.cn)  
元绍冰 [yuanshaobing@stu.pku.edu](mailto:yuanshaobing@stu.pku.edu)
- **时间地点:** 周二5-6, 周三3-4, 理教211.  
习题课: 单周五9-10节, 三教406
- **网页:** 教学网, [课程主页](#)
- **评分:** 作业40分, 期中考试20分, 期末考试40分.
- **作业:** 每周一次, 一周后在**课前**提交
- **期末考试:** 6月14日, 周五上午
- **答疑:** 周一下午2-3点, 物理学院西楼574



群聊: 固体物理学, '24



该二维码7天内(2月24日前)有效, 重新进入将更新

# 教学大纲

1. 早期的固体理论: 德鲁达和索墨菲的金属理论; 爱因斯坦和德拜的固体比热理论
2. 晶体的结构
  - 平移对称性: 布拉维格子, 晶向与晶面, 倒格子
  - 晶体的结构和对称性, 晶体的点群和空间群概念
  - 晶体衍射与结构的测定
3. 电子的能带理论
  - 能带论基础: 布洛赫定理, 布洛赫函数的一般性质, 能带结构
  - 能带论方法: 近自由电子近似, 紧束缚近似,  $k \cdot p$ 方法
  - 常见的模型: 一位原子链, SSH模型, 石墨烯
4. 电子的输运理论
  - 布洛赫的电子的半经典动力学
  - 玻尔兹曼方程和半经典输运理论
  - 量子效应: 量子霍尔效应, 量子震荡, Landauer-Buttiker公式, 局域化

# 教学大纲

## 5. 晶格动力学

- 简谐晶体的振动: 一维单原子链, 一维双原子链, 一般的晶体振动问题
- 简谐晶体振动的量子理论: 声子
- 晶体的热力学; 非谐效应和格鲁奈森参数; 长光波声子

## 6. 磁序和磁性

- 基本的磁结构, 磁响应
- 交换相互作用, 海森堡模型
- 磁激发: 自旋波理论

## 7. 超导现象和理论

- 超导现象, 伦敦方程, 金斯堡-朗道理论
- 超导的微观理论简介: 库珀问题, BCS理论

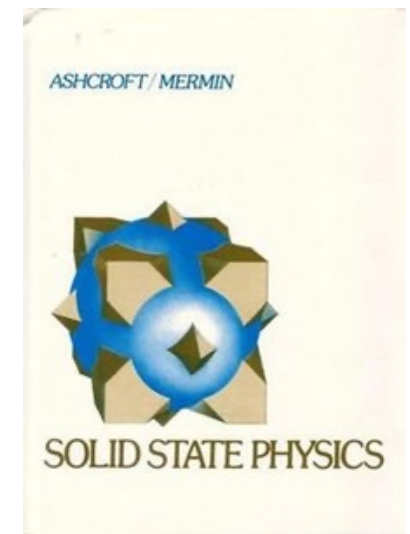
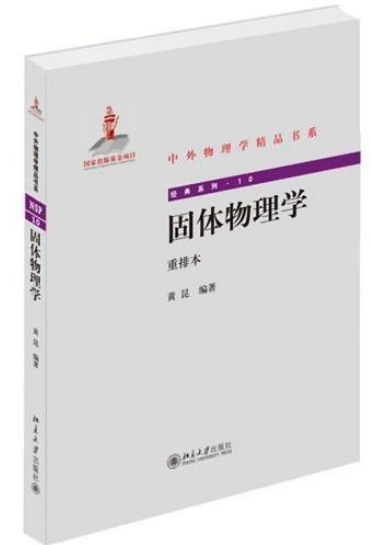
# 教材与参考

- 教材:

1. 《固体物理学》重排版. 黄昆编著, 北京大学出版社
2. Solid State Physics. N. W. Ashcroft and N. D. Mermin

- 主要参考书目

1. Introduction to Solid State Physics. C. Kittel
2. Dynamical theory of crystal lattices. M. Born and K. Huang
3. 物理学中的群论. 马中骥. 科学出版社(2005).
4. Modern Condensed Matter Physics. S. Girvin and K. Yang
5. Principles of the Theory of Solids. J.M. Ziman.





# 物理在1900

Bernard Porter's Map of Physics, 1939





# 早期的固体物理



德鲁达



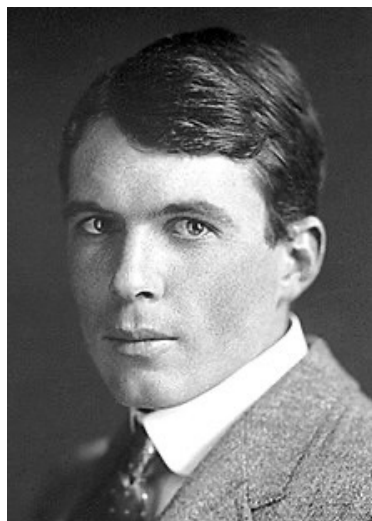
索墨菲



爱因斯坦



德拜



布拉格



布洛赫



玻恩

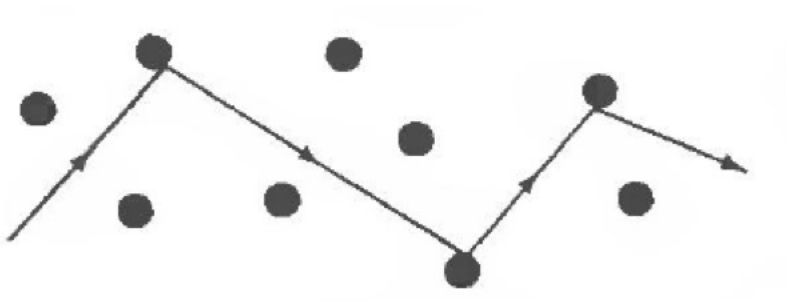


梵弗雷克

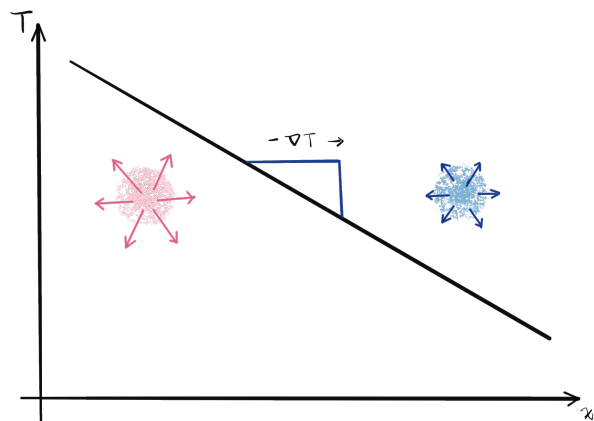


# 德鲁达金属论：金属为什么导电？

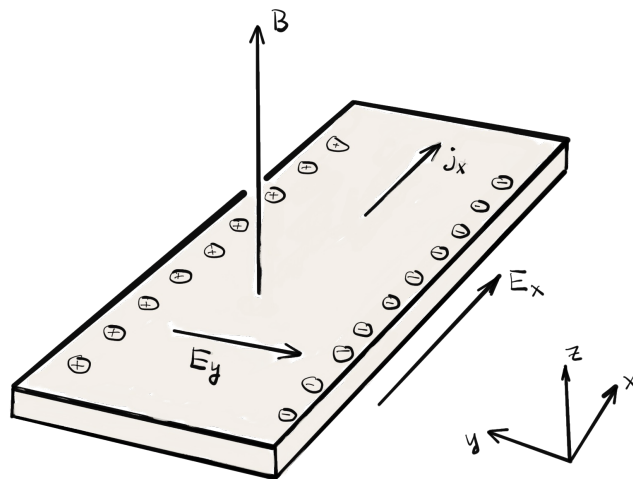
- 德鲁达（1900年）：金属中的电子是带电经典气体



德鲁达定律 
$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{ne^2\tau}{m}$$



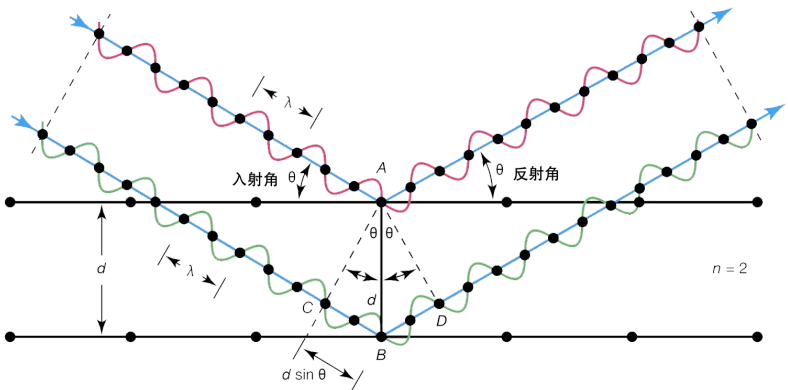
电子的热输运



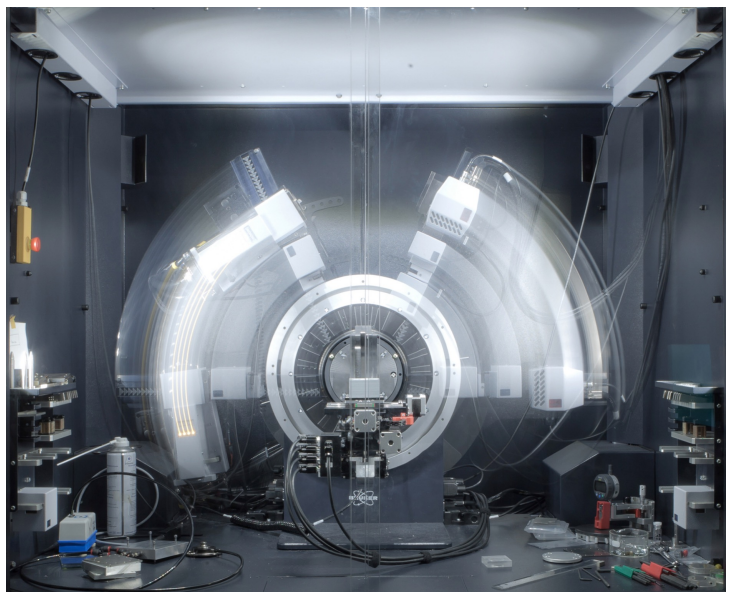
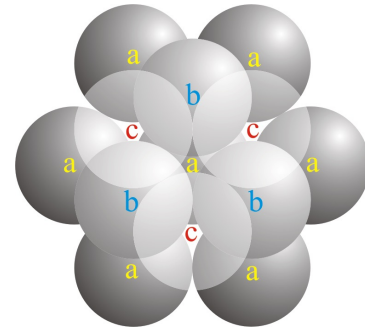
霍尔效应

# 晶体衍射和晶体结构

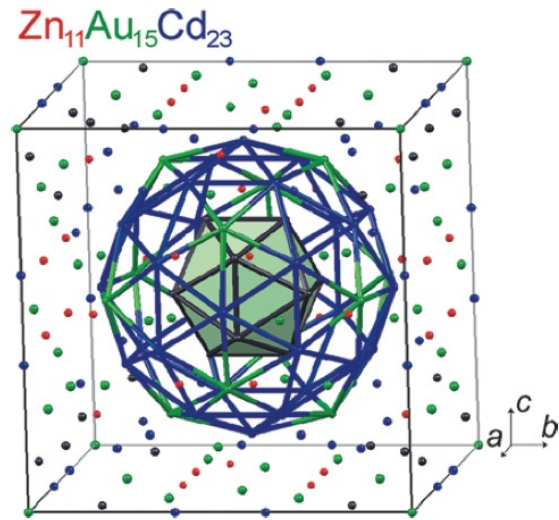
衍射条件 布拉格定律  $2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda$



晶体结构



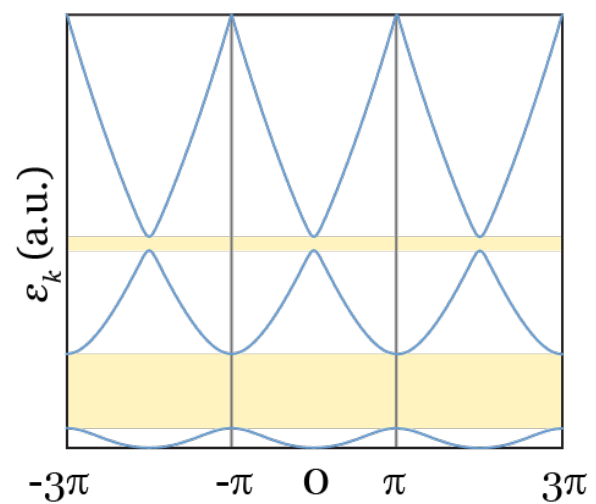
现代晶体衍射装置 (维某基)



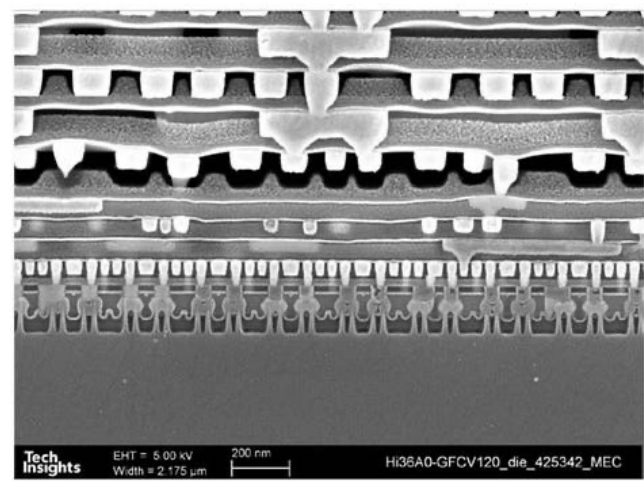
S. Lee, JF, et al. 10.1002/chem.201203758

# 能带论：金属，绝缘体，半导体

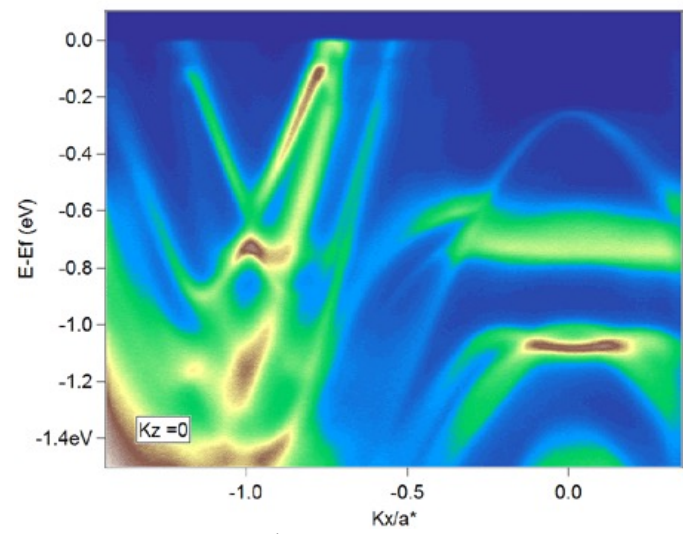
- 基于无相互作用电子假设的能带论：能带，能隙，费米面
- 能带论使人们能够理解为什么有金属、绝缘体和半导体



点接触晶体管  
(图源：[维某基](#))



Kirin 9000s FinFET  
(图源：[semianalysis](#))

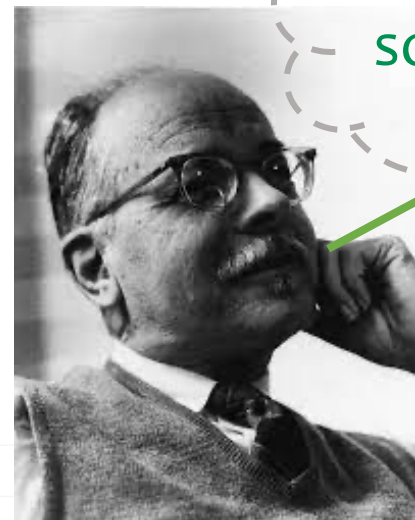


角分辨光电电子谱  
(图源：[沈志勋课题组](#))

# 固体物理学

- 1947年, 美国物理学会成立“固体物理部”, 被认为是固体物理学成为一个独立的学科 的标志

Solid state physics sounds kind of funny.

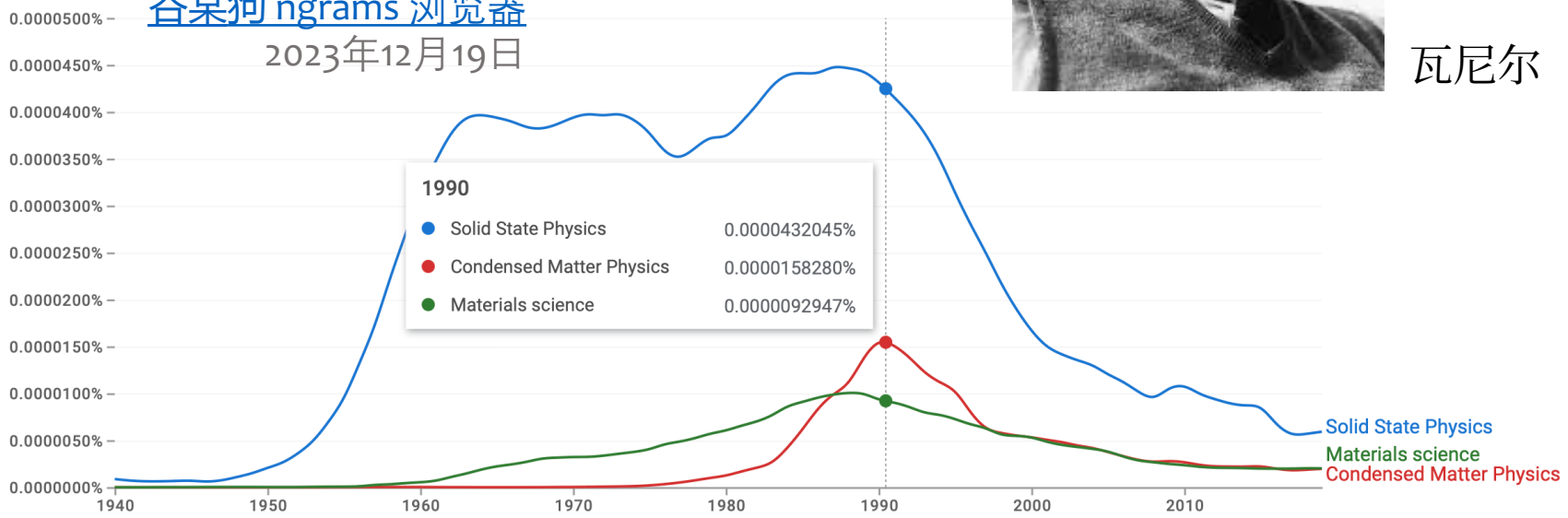


瓦尼尔

- 固体物理, 凝聚态物理, 材料科学

谷某狗 ngrams 浏览器

2023年12月19日





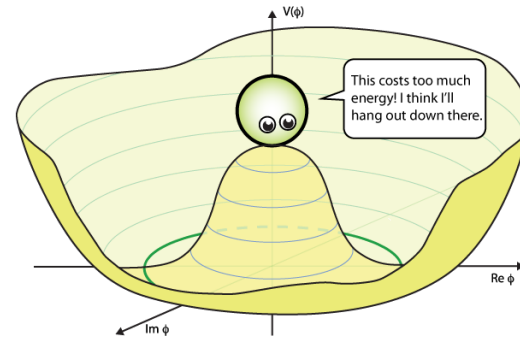
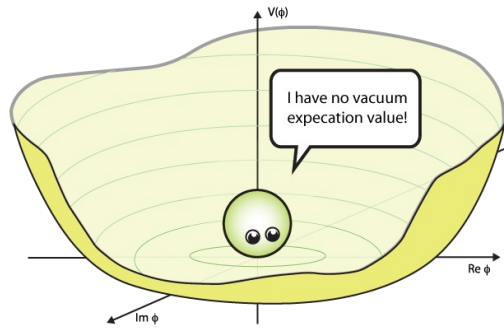
# 新的发展

- 超导：BCS 理论，高温超导
- 整数和分数量子霍尔效应
- 介观物理和量子输运
- 强关联体系
- 拓扑体系和新量子物态

○ ○ ○

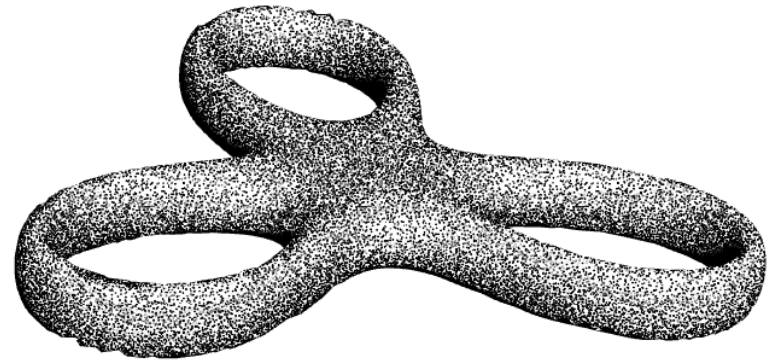
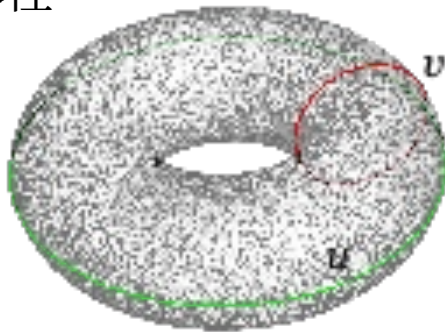
# 新范式

- 对称性和自发对称破缺



- 衍生的概念：“由基本粒子构成的，巨大和复杂的集聚体的行为不能依据少数粒子的性质做简单外推就能理解。而正好相反，在复杂系统的每一个层次，都会呈现出全新的规律。” – 安德森

- 拓扑和整体性



# 新方法

