

# 物理学教材 之演化

曹庆宏

北京大学物理学院





# 物理之教，若寻长策，犹缘木而求鱼也

The trouble with problems in physics education is they do not stay solved.

人才培养要与时俱进

## 物理学教育与科技进步、社会经济需求、 国家战略的关联

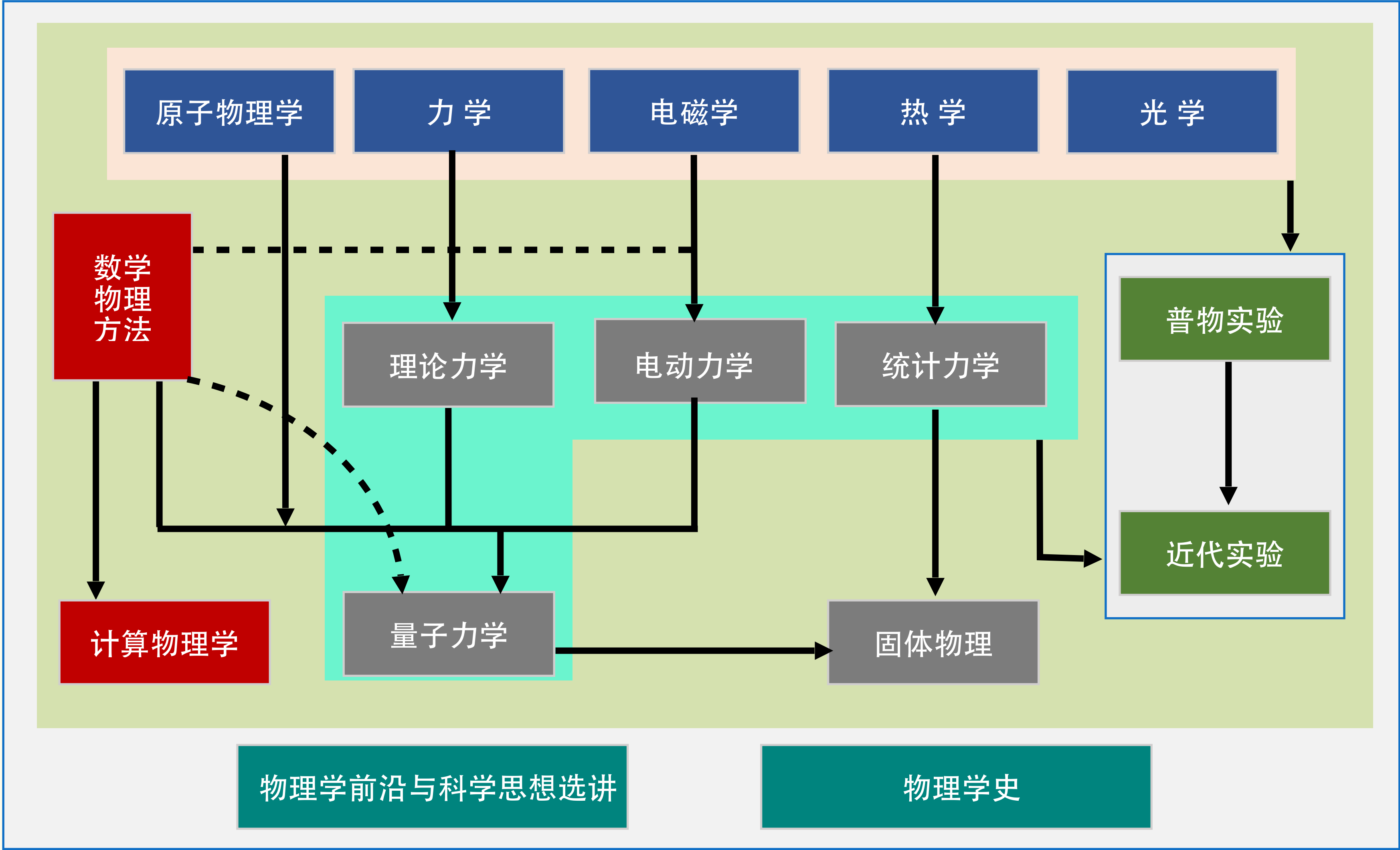




# 教育部物理学领域“101计划”

牵头人：高原宁（北京大学）  
参与高校：600 余位教师（31 所拔尖基地校）

- 指导组：  
龚旗煌（北京大学）  
王振林（南京大学）
- 专家委员会：  
崔琦（普林斯顿/北京大学）  
杰哈·阿尔贝特·穆鲁（北京大学）  
蔡荣根（中国科学院理论物理所）  
方忠（中国科学院物理所）  
段文晖（清华大学）  
高原宁（北京大学）  
龚新高（复旦大学）  
马余刚（复旦大学）  
马余强（南京大学）  
欧阳颀（北京大学）  
孙昌璞（中国工程物理研究院）  
赵政国（中国科学技术大学）  
祝世宁（南京大学）  
张杰（上海交通大学）





# Conveners of the core courses

*Mechanics*

**Hanzhuang Zhang**  
Jilin Univ.



*Electromagnetism*

**Yu An**  
Tsinghua Univ.



*Thermal Physics*

**Qi Ouyang**  
Peking Univ.



*Optics*

**Min Chen**  
Shantou Univ.



*Atoms Physics*

**Yuxin Liu**  
Peking Univ.



*Classical Mechanics*

**Yubin Liu**  
Nankai Univ.



*Electrodynamics*

**Lei Zhou**  
Fudan Univ.



*Statistical Mechanics*

**Hong Zhao**  
Xiamen Univ.



*Quantum Mechanics*

**Qinghong Cao**  
Peking Univ.



*Condensed Matter Physics*

**Weiyi Zhang**  
Nanjing Univ.



*Mathematical Method in Physics*

**Boqiang Ma**  
Peking Univ.



*Computational Physics*

**Liangyou Peng**  
Peking Univ.



*Experiment Physics*

**Zengming Zhang**  
Univ. of Science & Technology of China



*Selected Topics in Frontiers of Physics and Scientific Thinking*

**Changpu Sun**  
China Academy of Engineering Physics



*History of Physics*

**Xiaodong Yin**  
Capital Normal University





# White paper on the cultivation of Physics major

“A Strategic Study on Physics Undergraduate Education in Higher Education and Its Key Curriculum Framework”, *edited by Yuanning Gao and Qinghong Cao*



## ► Strategic Report on Talent Cultivation in Physics Programs

*Investigated the current status of physics programs domestically and internationally*

## ► Core Curriculum System of the Physics '101 Plan'

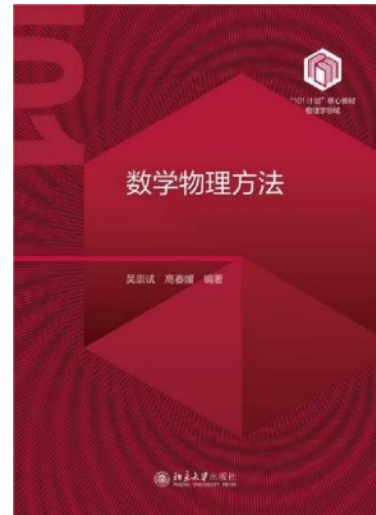
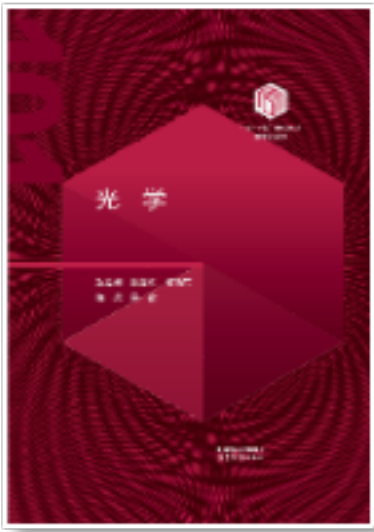
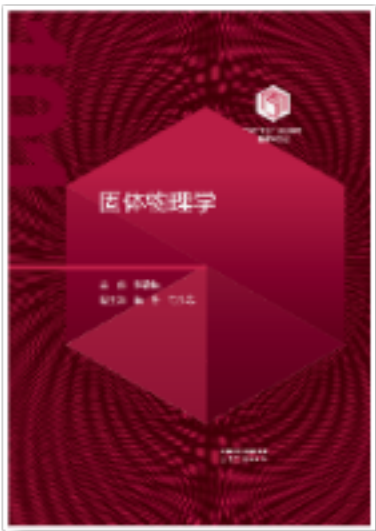
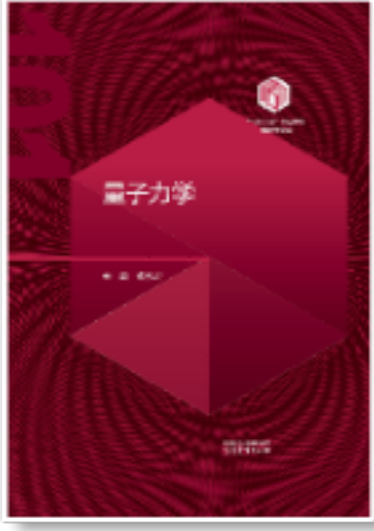
- *Core Curriculum System for Physics Programs*
- *Knowledge Graph of Core Courses*

## ► Talent Cultivation Scheme for Physics Programs

*31 Elite Universities (Top-Tier Base Campuses)*



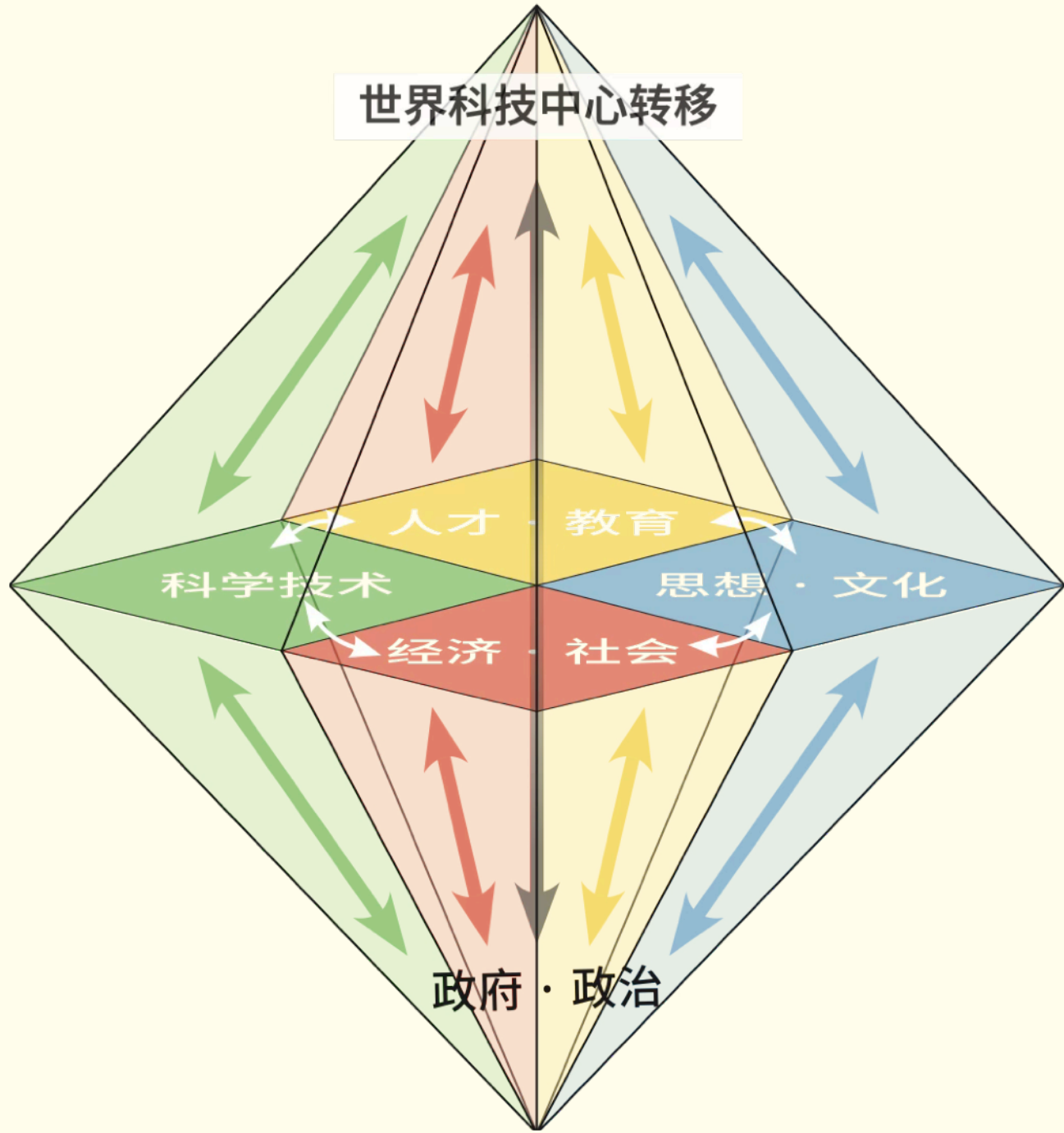
# Thirty-five textbooks published





# 科研范式变革和世界科学中心转移

世界科技中心转移



构建普适的理论模型  
理论范式

观察现象总结规律  
经验范式

17世纪

意大利：天文学革命；个人科研为主（哥白尼、伽利略、开普勒）

19世纪

英国：实验科学方法成为经典研究模式  
科研组织方式上出现了“建制化”（英国皇家学会）

法国：数学飞速发展、理论科学成熟  
科研为个人研究为主、集体交流为辅（巴黎皇家科学院）

德国：定量分析方法（创立有机化学——合成尿素引领农业革命）  
建立了有组织科研模式，提出科教融合

20世纪

美国：信息技术革命  
开创了大科学研究模式（工业实验室、国家实验室）  
建立科研经费管理机构（NIH/NSF/DOE）

数值仿真模拟  
计算范式

2000年

计算机具有收集、存储和处理大量数据的能力  
基于数据密集的科学发现  
数据建模范式

2020年

处理更多不同类型的数据  
求解未知、更高维度的问题  
基于计算和数据融合的AI能力  
数智科学范式



# 美国物理学教育的演变

哈佛大学、MIT、芝加哥大学等开设现代物理学课程

物理实验室成为教学的重要组成部分



物理进入中学课程（以演示为主，缺乏系统性）



# 美国物理学教育的演变

哈佛大学、MIT、芝加哥大学等开设现代物理学课程

物理实验室成为教学的重要组成部分

量子力学、相对论迅速发展

物理学教育的萌芽  
与基础建设  
20世纪初

引入现代物理与  
课程标准化  
1920 – 1940年代

大科学时代与  
物理教育繁荣  
1940 – 1960年代

教育多元化和新技术  
1970 – 1990年代

以能力培养和跨  
学科为核心  
21世纪

AI  
时代

物理进入中学课程（以演示为主，缺乏系统性）

1930年，美国物理教育教师协会（AAPT）从美国物理学会（APS，1899年成立）中独立出来，推动中学和大学物理教学的改革，制定教学标准



# 美国物理学教育的演变

哈佛大学、MIT、芝加哥大学等开设现代物理学课程

物理实验室成为教学的重要组成部分

量子力学、相对论迅速发展

二战影响：物理学成为国家战略重点

1944年**GI法案**：物理教育大规模扩张

1956年，成立**物理科学研究委员会**（Physical Science Study Committee, PSSC），推动高中物理课程现代化，引入量子、原子结构、能量守恒等内容，强调探究性实验

1957年，苏联发射斯普特尼克人造卫星

物理学教育的萌芽 与基础建设	引入现代物理与 课程标准化	大科学时代与 物理教育繁荣	教育多元化和 新技术	以能力培养和跨 学科为核心	AI 时代
20世纪初	1920 – 1940年代	1940 – 1960年代	1970 – 1990年代	21世纪	
物理进入中学课程（以演示为主，缺乏系统性）	1930年， <b>美国物理教育教师协会</b> （AAPT）从美国物理学会（APS，1899年成立）中独立出来，推动中学和大学物理教学的改革，制定教学标准	1958年，《 <b>国家防卫教育法案</b> 》 (1) 加强普通学校的自然科学、数学和现代外语 (2) 加强职业技术教育 (3) <b>强调天才教育</b> (4) 增拨大量教育经费 促进了物理教育的现代化  1962-1972年（ <b>冷战期间</b> ） <b>哈佛大学物理计划</b> （Harvard Project Physics）开发了中学物理课程体系，强调科学思维培养	1965年，《 <b>高等教育法</b> 》 1. 强调大力培养科技人才，促进科技进步 2. 增加对高等院校的拨款 3. 改革课程和教学，提高教学质量		



# 美国物理学教育的演变

哈佛大学、MIT、芝加哥大学等开设现代物理学课程

物理实验室成为教学的重要组成部分

量子力学、相对论迅速发展

二战影响：物理学成为国家战略重点

1944年**GI法案**：物理教育大规模扩张

1956年，成立**物理科学研究委员会**（Physical Science Study Committee, PSSC），推动高中物理课程现代化，引入量子、原子结构、能量守恒等内容，强调探究性实验

1957年，苏联发射斯普特尼克人造卫星

课程现代化：引入计算机辅助，强调数值模拟

物理学教育的萌芽 与基础建设	引入现代物理与 课程标准化	大科学时代与 物理教育繁荣	教育多元化和新技术	以能力培养和跨 学科为核心	AI时代
20世纪初	1920 – 1940年代	1940 – 1960年代	1970 – 1990年代	21世纪	

物理进入中学课程（以演示为主，缺乏系统性）

1930年，**美国物理教育教师协会**（AAPT）从美国物理学会（APS，1899年成立）中独立出来，推动中学和大学物理教学的改革，制定教学标准

1958年，《**国家防卫教育法案**》

- (1) 加强普通学校的自然科学、数学和现代外语
- (2) 加强职业技术教育
- (3) **强调天才教育**
- (4) 增拨大量教育经费

促进了物理教育的现代化

1962-1972年（冷战期间）**哈佛大学物理计划**（Harvard Project Physics）开发了中学物理课程体系，强调科学思维培养

1965年，《**高等教育法**》

- 1. 强调大力培养科技人才，促进科技进步
- 2. 增加对高等院校的拨款
- 3. 改革课程和教学，提高教学质量

1969年起设立 AP Physics，逐渐发展为B/C类课程，成为大学预修体系的重要组成部分

1980s：**物理教育研究**（PER）兴起



# 美国物理学教育的演变

哈佛大学、MIT、芝加哥大学等开设现代物理学课程

物理实验室成为教学的重要组成部分

量子力学、相对论迅速发展

二战影响：物理学成为国家战略重点

1944年**GI法案**：物理教育大规模扩张

1956年，成立**物理科学研究委员会**（Physical Science Study Committee, PSSC），推动高中物理课程现代化，引入量子、原子结构、能量守恒等内容，强调探究性实验

1957年，苏联发射斯普特尼克人造卫星

课程现代化：引入计算机辅助，强调数值模拟

基于概念理解（Conceptual Physics）：减少公式记忆，强化物理思维

计算物理（Computational Physics）：Python、Matlab等融入本科教学

跨学科：物理与生命、信息科学融合，出现生物物理、量子信息课程

物理学教育的萌芽与基础建设

20世纪初

引入现代物理与课程标准化

1920 – 1940年代

大科学时代与物理教育繁荣

1940 – 1960年代

教育多元化和新技术

1970 – 1990年代

以能力培养和跨学科为核心

21世纪

AI时代

物理进入中学课程（以演示为主，缺乏系统性）

1930年，**美国物理教育教师协会（AAPT）**从美国物理学会（APS，1899年成立）中独立出来，推动中学和大学物理教学的改革，制定教学标准

1958年，《**国家防卫教育法案**》

- (1) 加强普通学校的自然科学、数学和现代外语
- (2) 加强职业技术教育
- (3) **强调天才教育**
- (4) 增拨大量教育经费

促进了物理教育的现代化

1962-1972年（冷战期间）**哈佛大学物理计划**（Harvard Project Physics）开发了中学物理课程体系，强调科学思维培养

1965年，《**高等教育法**》

- 1. 强调大力培养科技人才，促进科技进步
- 2. 增加对高等院校的拨款
- 3. 改革课程和教学，提高教学质量

1969年起设立 AP Physics，逐渐发展为B/C类课程，成为大学预修体系的重要组成部分

1980s：物理教育研究（PER）兴起

实践与项目驱动：推动“主动学习”（Active Learning）、翻转课堂、实验探究

高中课程改革：AP Physics 1 & 2（2014）取代 AP Physics B，强调建模与实验

在线教育与MOOCs：MIT OCW、edX、Coursera提供大规模物理课程，改变学习方式



# 教材变革反映了科技进步、社会经济需求、国家战略



**经典教材本身参与了该学科建构，**  
规定了这一科目的基本内容，前沿科研的  
进展体现为教科书内基础知识的应用。

**实验教学**  
从演示实验到动手实验  
从研究型实验到训练型实验  
从“手工业”到制度化

**教学方法**  
讨论班和大班教学结合  
线上教学和线下教学相结合  
主动学习和大课相结合

从物理教材的雏形  
到现代物理学教材

美国教材编写的高峰  
一批经典教材出现

新的物理学  
教学理念和体系

19世纪末-20世纪初

20世纪中叶

21世纪初

各国教材体系沿着不同的路径来实现

英国以实验教学出发建立了大学物理实验室；  
德国教材强调理论物理和数学，开创了数学物理学派；  
法国重视全面且基础知识，编纂了那个时代最全面丰富的Ganot的教材；  
美国注重“现象→理论→验证”的逻辑，加强学生的自主探究能力，

20世纪末

普通物理学的  
新教学体系的建立

《力学》  
《电磁学》  
  
《热学》  
《光学》  
《近代物理学》

反映前沿科学技术的变革，增加了材料和趣味  
  
新兴普通物理学课程  
与进阶的物理学教材衔接，  
强调现代理解

未来

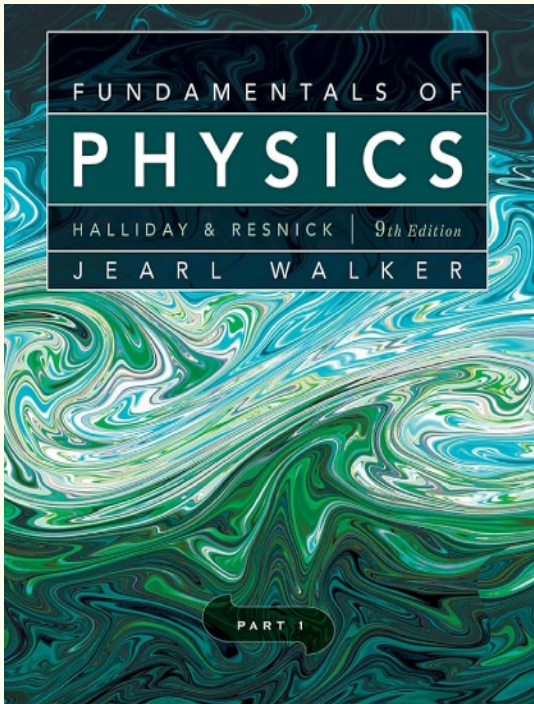
**AI与物理学教材结合**

崭新的学科前沿？  
重塑本科课程和教材？



# 教材演化反映了教育理念的变革

标准化教材，占据本科物理教学体系的核心地位



Halliday  
Resnick  
Walker

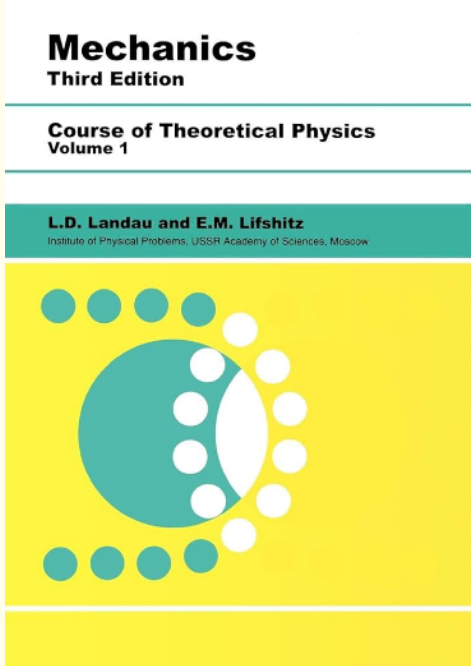
1960年出版  
2013年第10版

冷战推动改革，  
美国教材编写的高峰

1960年代

构建了完整、严谨的理论物理知识大厦，  
推动国际物理教育高阶化

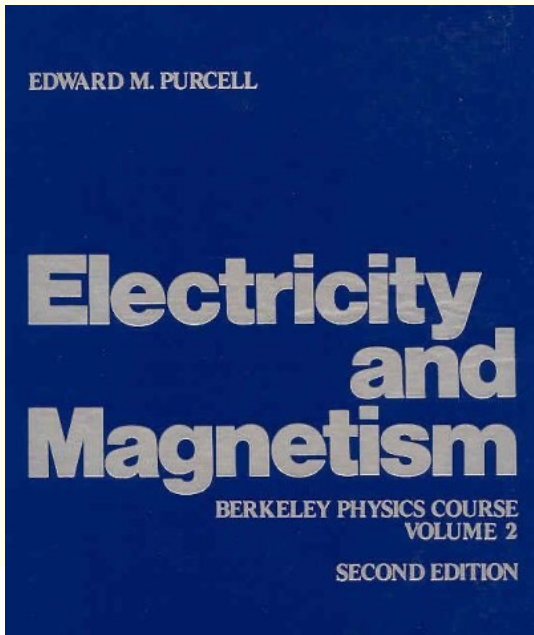
《朗道理论物理学教程》十卷  
1938–1970年



对物理学定理有着简洁、优雅、准确地描述而闻名。内容较为高深，有明显的步骤跳跃，需要良好的基础物理学和数学功底做为基础。一般适合具有硕士研究生水平的读者学习。

精英化路线，以理论深度为特色，  
培养顶尖物理学家

《Berkeley Physics Course》，1965年出版



因受美国政府资助，  
教材版权注明“五年  
后将免费授权使用，  
不再收取版税”。

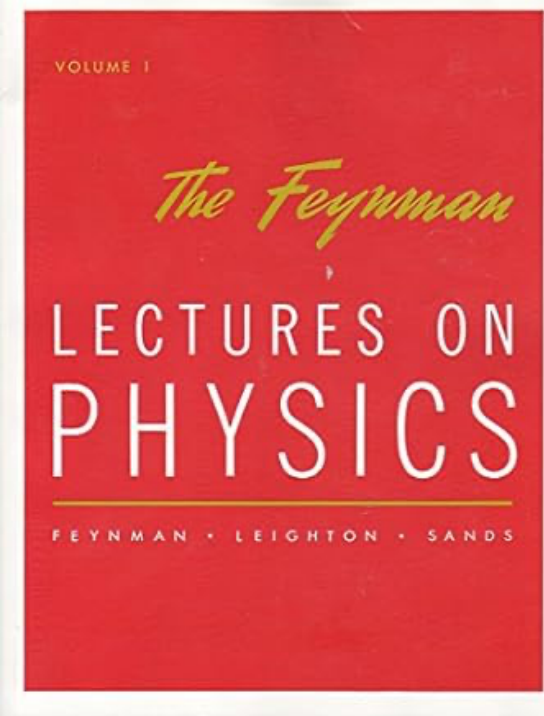
对全球物理教育产生了深远影响，  
对数学基础要求高，被用于  
伯克利物理专业荣誉课程。

20世纪末

普通物理学的新教学体系的建立

启发性与科普性结合，  
对学习物理本质有深远影响

《The Feynman Lectures on Physics》  
1964年出版



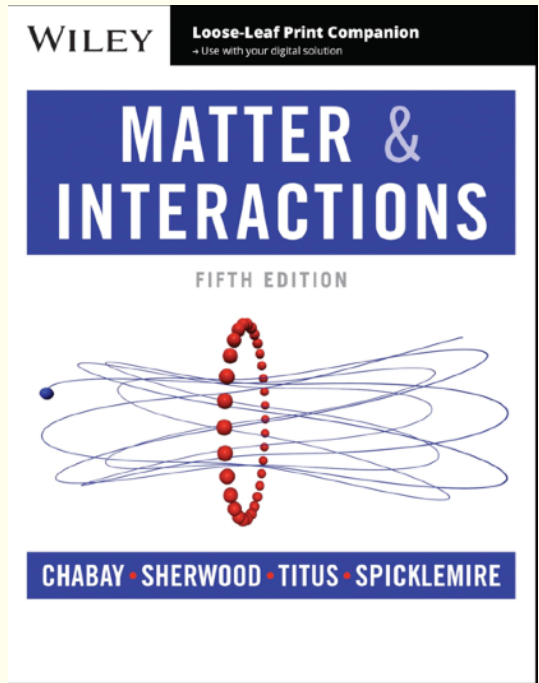
激发直觉、理解本质，不以  
公式堆砌为核心，强调概念  
理解，语言生动。

第1卷：力学、辐射与热  
第2卷：电磁学与物质  
第3卷：量子力学

不适合作为常规课堂教材，  
但作为补充读物、启发思维  
和深化理解的资料，具有无  
可替代的价值。

编程、数值模拟融入教学，契合现代 STEM 要求

《Matter and Interactions》by chabay & sherwood  
2002年出版，2025年第5版



从现代视角出发，面向科学与工程专业学生开设的  
基于微积分的大学物理入门课程

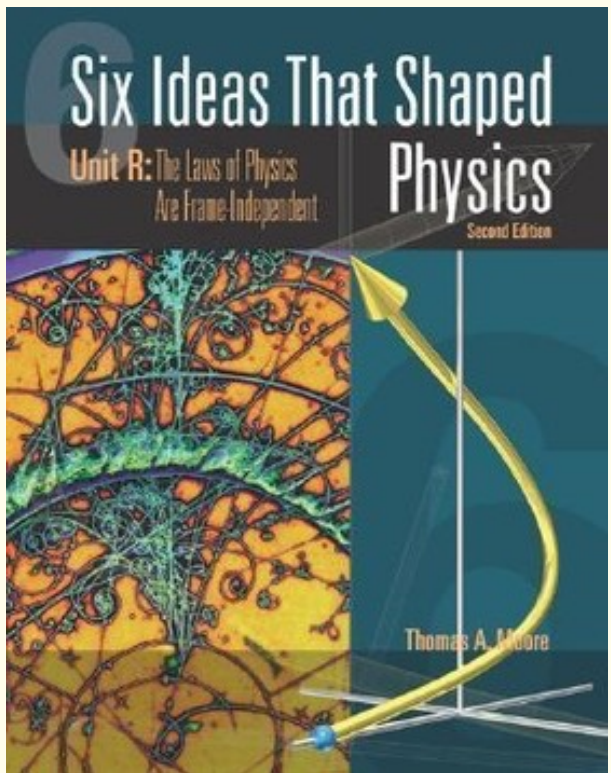
- 从基本原理出发进行分析，而非依赖次级公式
- 基于物质的原子本质，建立宏观与微观之间的联系
- 对物理系统进行建模：包括理想化处理、简化假设与估算
- 构建计算模型，预测系统行为随时间的演化过程

21世纪初

新的物理学教学理念和体系

理念驱动教学，更关注科学思维而非繁琐计算

《Six Ideas That Shaped Physics》by Thomas Moore  
1998年第1版，2022年第4版



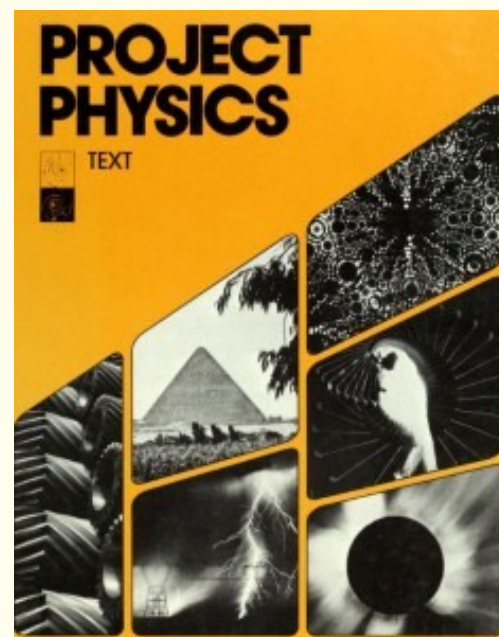
这套共六册的丛书从现代视角出发，系统介绍了  
大学本科阶段的物理学基础。该教学体系以  
六大核心思想为架构：

- 单元C：守恒定律
- 单元N：牛顿的普适物理定律
- 单元R：物理定律与参考系无关
- 单元E：电磁场的统一
- 单元Q：量子力学的普适物理定律
- 单元T：不可逆性



# 教材变革反映了社会经济需求、国家战略

哈佛《The Project Physics Course》，1970年出版  
《Understanding Physics》，2002年出版

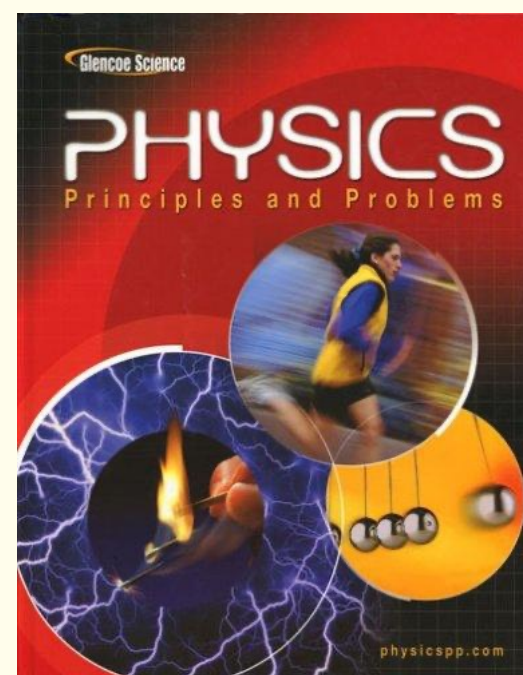


课程内容被划分为六个主要学科领域（每部分独立成书）：

- 1) 运动的概念
- 2) 天体中的运动
- 3) 力学的胜利
- 4) 光与电磁学
- 5) 原子模型
- 6) 原子核

从历史视角呈现材料，将人文趣味融入文本之中。其目的是在不过度简化课程的前提下，帮助学生建立对物理学深刻的概念性理解。

《Physics: Principles and Problems》  
by Zitzewitz  
1990年出版，2017年第7版

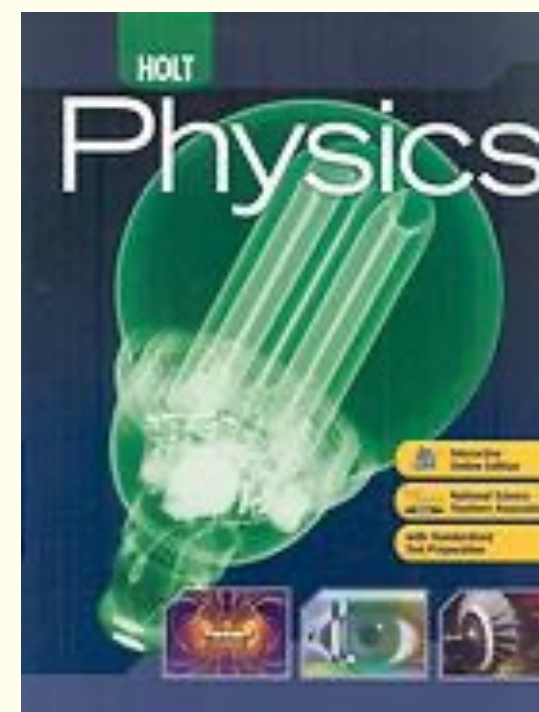


增加真实情境与探究任务，但依然保持较多的公式推导和计算题，适合准备AP之前的学生。

定位于高中物理普通或荣誉课程

演化历史清晰地反映了美国高中物理教育理念和课程标准的变迁

《Holt Physics》 by Serway & Faughn，1999年出版



1990年代末（早期版本）

注重物理基础概念的讲解、丰富的习题和实验。

21世纪初（中期版本）

开始强调“概念驱动”教学；整合多媒体资源；与现实生活中的技术和应用联系起来。

2010年之后（近代版本）

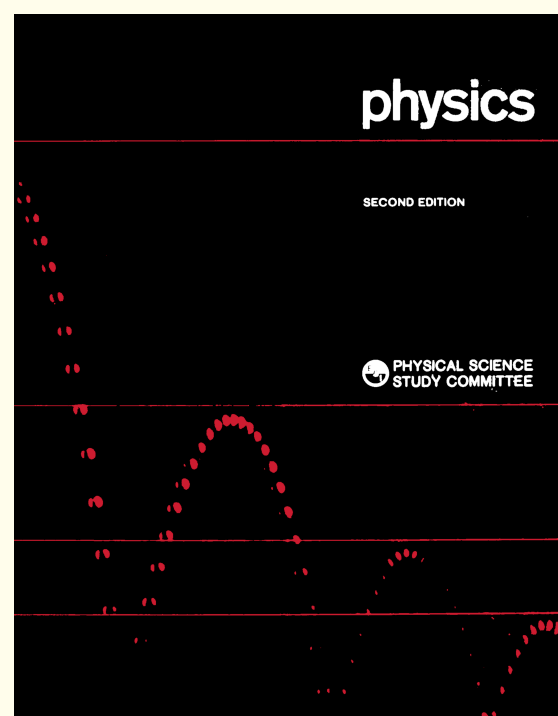
强化了工程设计和跨学科的应用；  
融入数据分析和建模；  
教材全面数字化，与在线学习系统深度整合，提供互动式学习。

冷战推动改革

1960s

现代化高中教育改革代表，  
改变美国物理教学格局

《PSSC Physics》，1965年出版



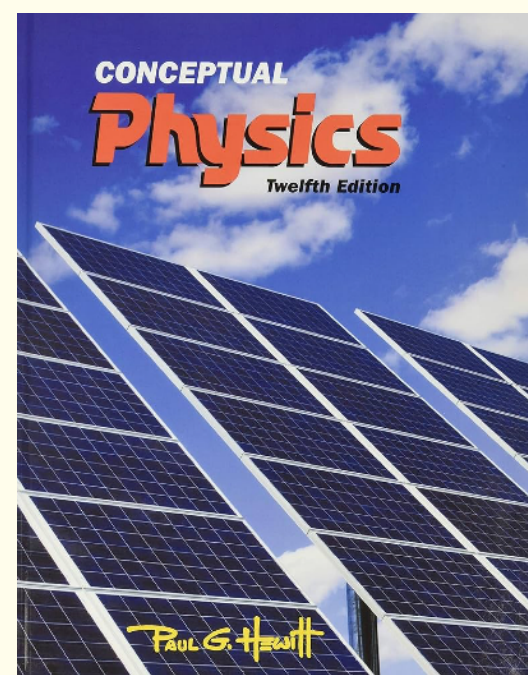
高中课程引入原子物理、量子、核能等现代概念，强调探究实验和科学方法。

主流“代数型物理”体系定型

1970s–1990s

重概念、插图与日常情境，  
被视为高中物理的“常青树”

《Conceptual Physics》 by Hewitt  
1987年出版，2022年第13版



核心理念是“先概念后计算”，推动了“概念物理”课程在美国高中和大学的普及。这本教材让更多的学生有机会接触和学习物理学，拓宽了物理学教育的受众群体。

2011-2013

美国国家研究委员会发布“下一代科学标准”

将传统的、以事实记忆为主的教学模式，  
转变为以科学实践和深度理解为导向的教学模式

1. 跨学科核心概念（打破学科壁垒，理解不同科学领域之间的内在联系）

- 1) 物理科学
- 2) 生命科学
- 3) 地球与空间科学
- 4) 工程、技术与科学应用

2. 科学与工程实践（旨在培养探究和解决问题的能力）

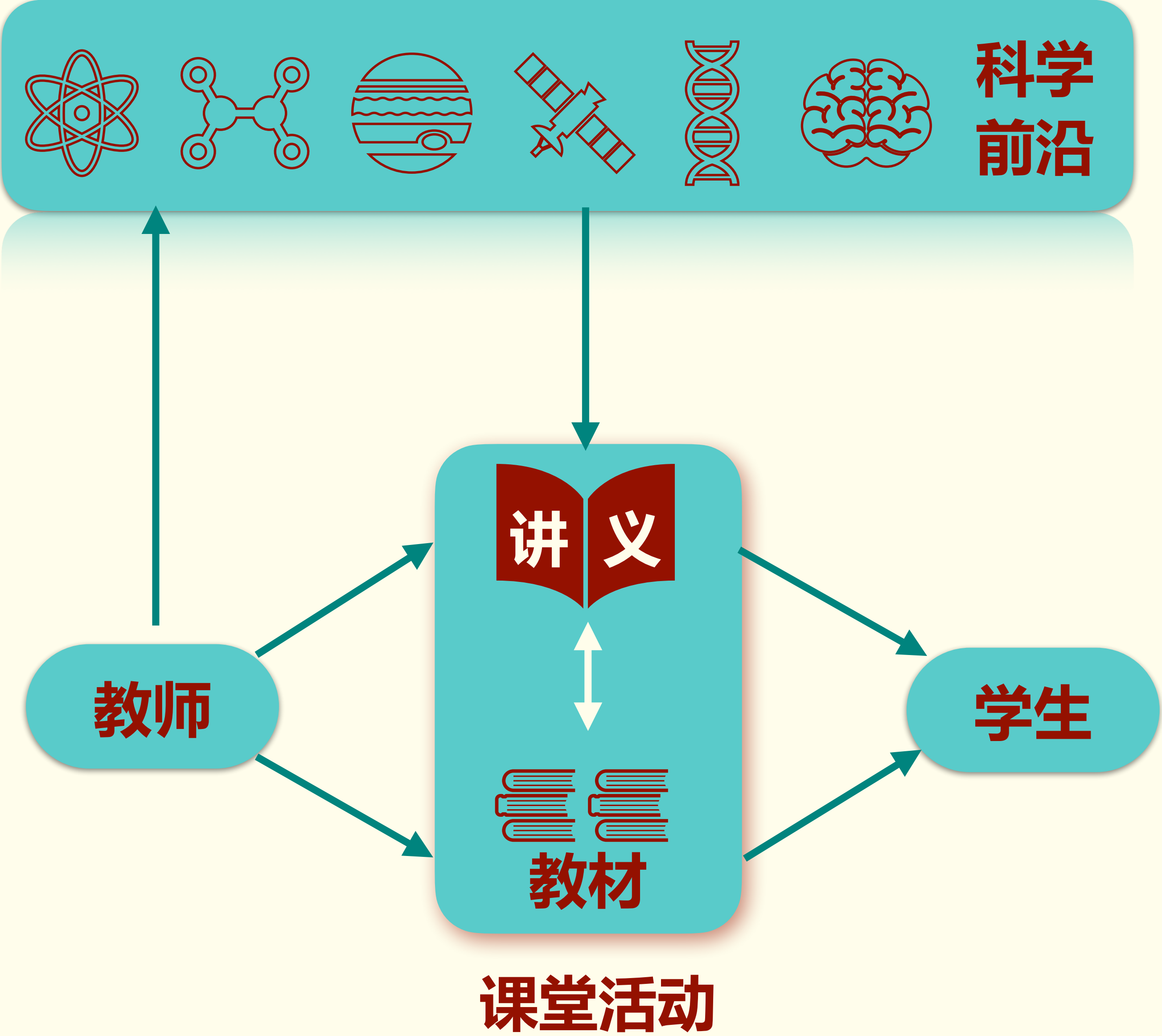
- 1) 提出问题（科学）与定义问题（工程）；
- 2) 建立和使用模型；
- 3) 规划并进行探究活动；
- 4) 分析与解释数据；
- 5) 使用数学与计算思维；
- 6) 构建解释（科学）与设计解决方案（工程）；
- 7) 基于证据进行论证；
- 8) 获取、评估和交流信息

3. 跨领域概念（将不同学科的知识联系起来，形成统一的科学世界观）

- 1) 模式；
- 2) 因果关系；
- 3) 尺度、比例与数量；
- 4) 系统与系统模型；
- 5) 能量与物质结构与功能；
- 6) 稳定性与变化



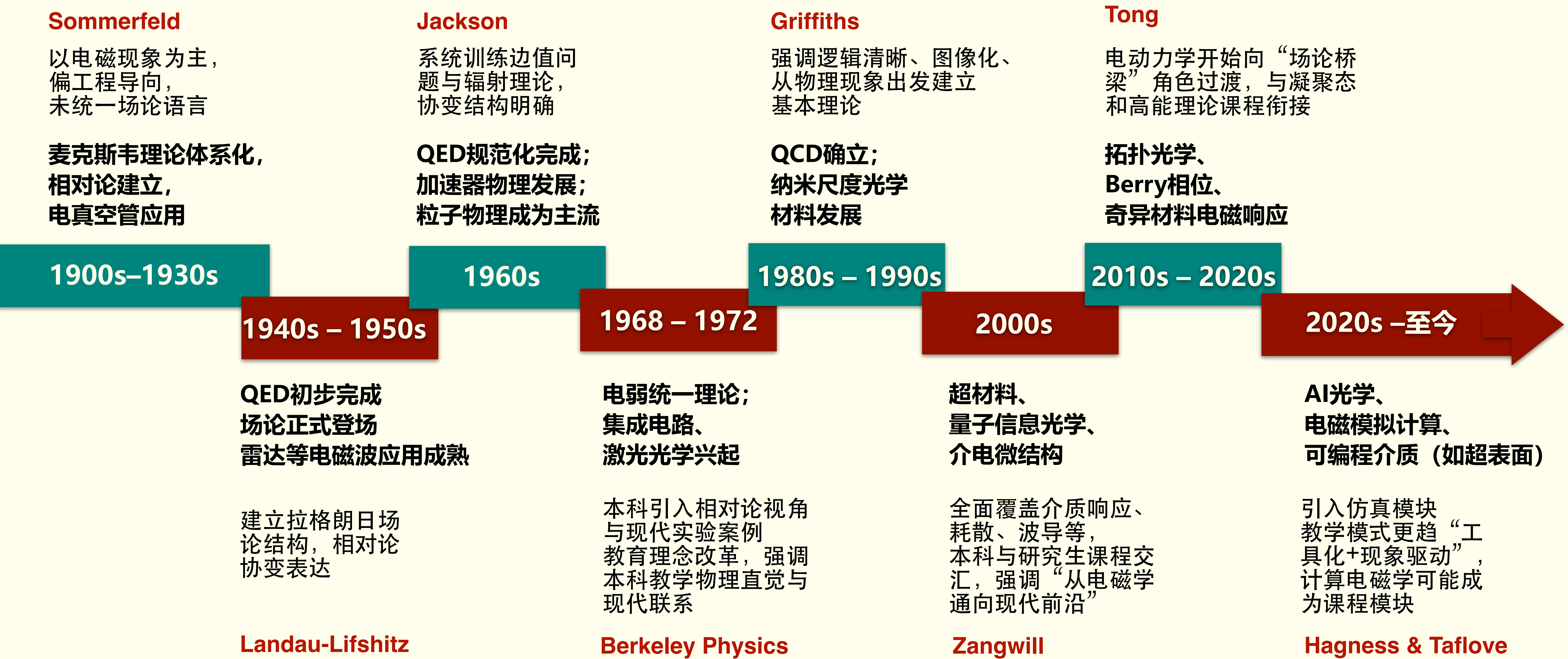
# 教材和科学前沿的双向奔赴





# 科学前沿进展与物理教材的响应：以电动力学为例

“电与磁”是物理学教育的核心支柱，是物理学专业学生的“成年礼”，是理论物理研究的基本功。



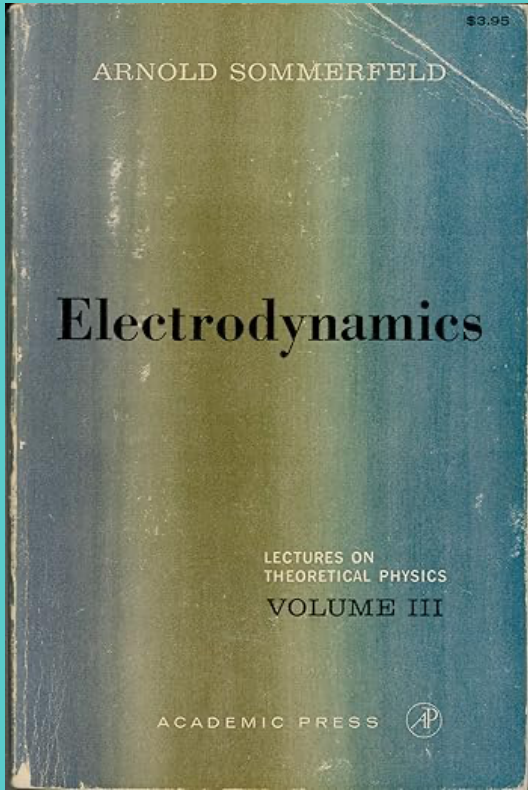


# 科学前沿进展与物理教材的响应：以电动力学为例

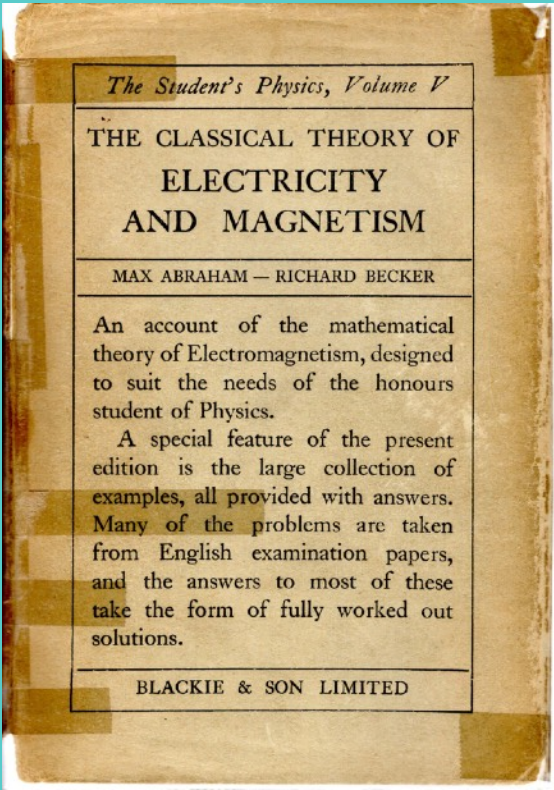
麦克斯韦理论体系化，  
相对论建立，  
电真空管应用

以电磁现象为主，  
偏工程导向，  
未统一场论语言

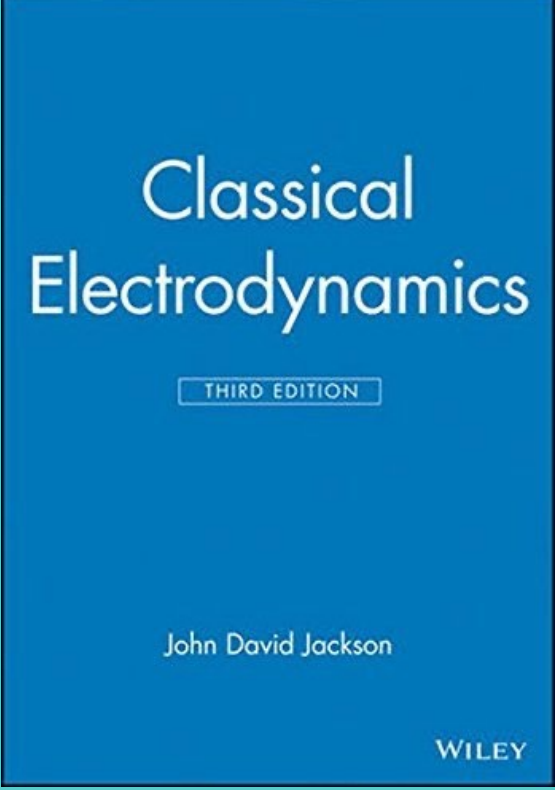
Sommerfeld



Abraham-Becker



Jackson



QED规范化完成；  
加速器物理发展；  
粒子物理成为主流

系统训练边值问题  
与辐射理论，  
协变结构明确

1900s – 1930s

1940s – 1950s

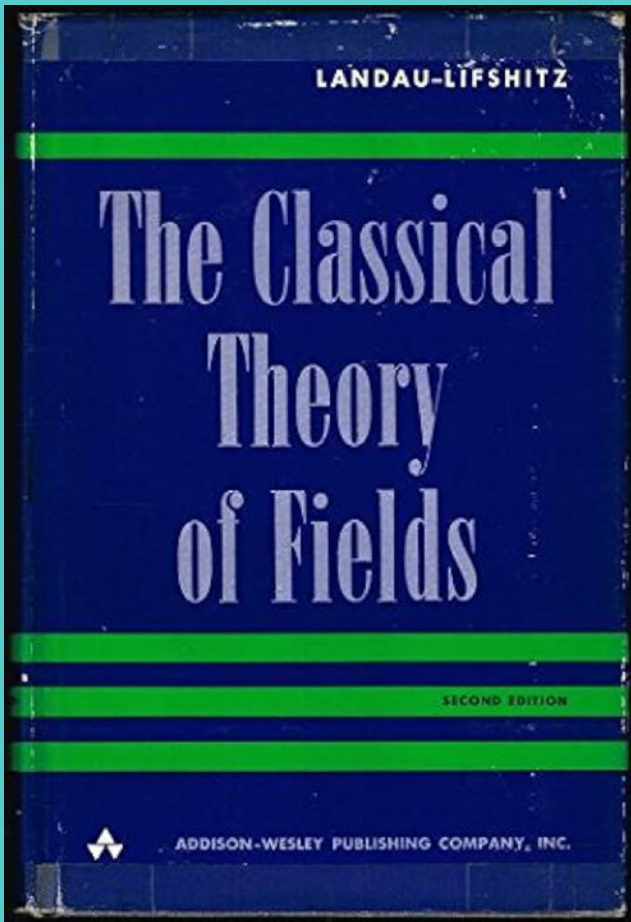
1960s

1968 – 1972

QED初步完成；  
场论正式登场；  
雷达等电磁波应用成熟

建立拉格朗日场论结构，  
相对论协变表达

Landau-Lifshitz



电弱统一理论；  
集成电路、  
激光光学兴起

本科引入相对论视  
角与现代实验案例  
教育理念改革，  
强调本科教学物理  
直觉与现代联系

Berkeley Physics



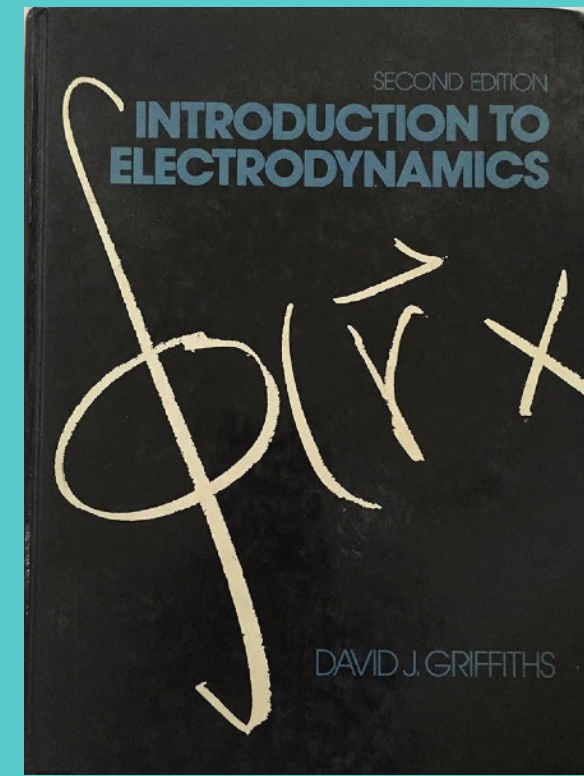


# 科学前沿进展与物理教材的响应：以电动力学为例

**QCD确立；  
纳米尺度光  
学材料发展**

强调逻辑清晰、  
图像化、  
从物理现象出发  
建立基本理论

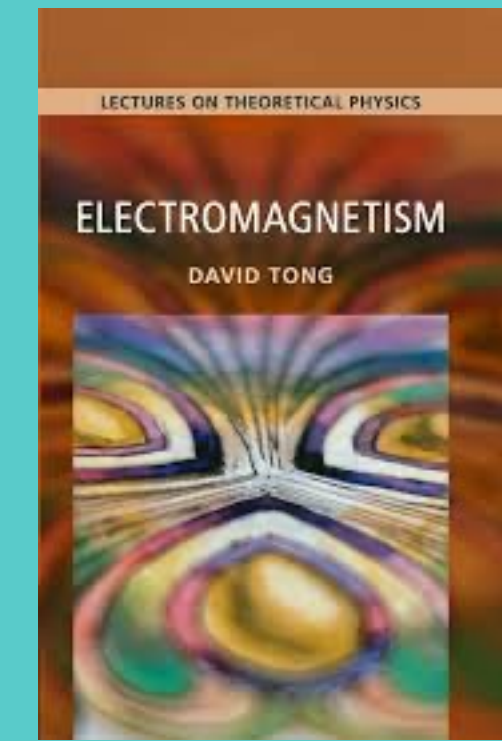
Griffiths



**拓扑光学、  
Berry相位、  
奇异材料电磁响应**

向“场论桥梁”角色  
过渡，与凝聚态和高  
能理论课程衔接

David Tong



1980s – 1990s

2000s

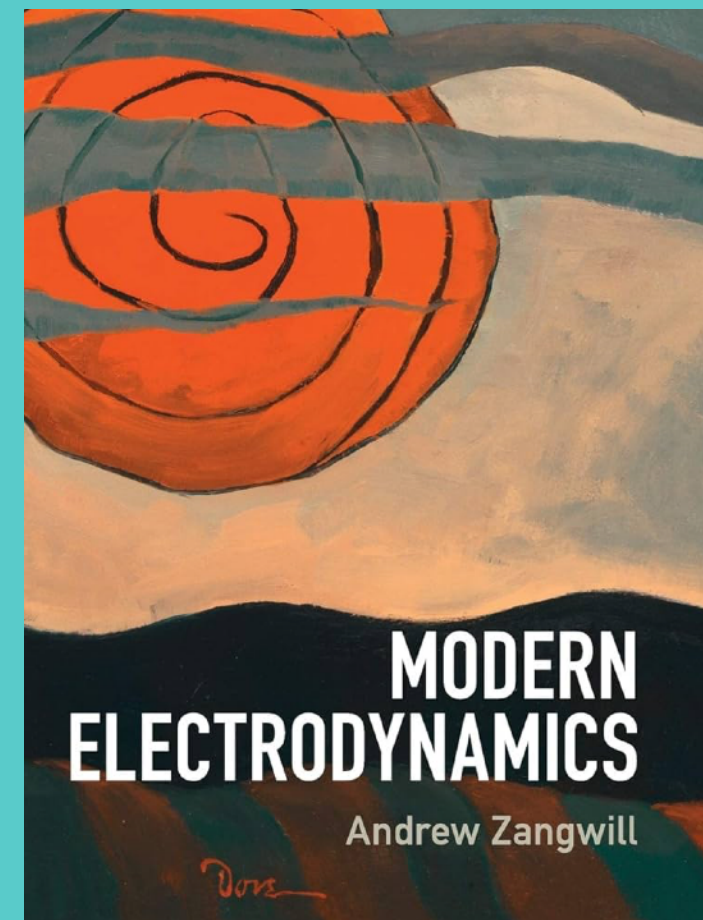
2010s - 2020s

2020s - 至今

**超材料、  
量子信息光学、  
介电微结构**

全面覆盖介质响应、  
耗散、波导等，  
本科与研究生课程交  
汇，强调“从电磁学通  
向现代前沿”

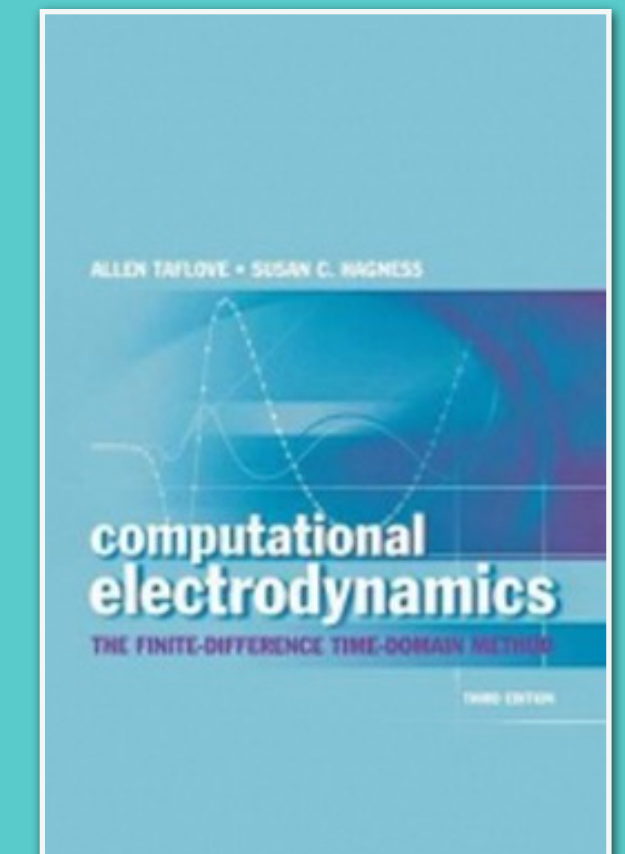
Zangwill



**AI光学、  
电磁模拟计算、  
可编程介质（如超表面）**

引入仿真模块  
教学模式更趋“工具化+  
现象驱动”，  
计算电磁学成为课程模块

Hagness & Taflove





# 《电磁学》和《电动力学》课程七十年之演化

Jackson 《经典电动力学》（1962年）

全球物理系研究生的标准教材，以内容全面性和数学上的严谨性著称

将电磁学作为一个理论分支来呈现

“百科全书”式的风格：既是教材，也是案头必备的参考书。

习题难度极大，需要高超的数学技巧。

Purcell 《电与磁》（1965年出版）

伯克利物理学教程第2卷  
给本科教学带来了革命性的变化

磁场从一开始就被介绍为一种相对论效应，利用狭义相对论的基本思想来揭示电与磁的内在统一性。

让学生从课程之初就建立起现代的、统一的电磁场图像。

Zangwill 《现代电动力学》（2013年出版）

填补了Griffiths和Jackson之间的空白

创建一个既能保持理论严谨性，又能反映电动力学在当代物理和工程中广泛应用的“现代”文本。

1. 内容与时俱进：介绍了传统教材中鲜有涉及的课题（等离激元、超材料、近场光学以及自旋电子学等）
2. 融入计算物理
3. 物理与数学的平衡

权威的建立与范式的分野

奠基时代

1950s-1970s

直觉的回归与以学生为中心

教学革新时代

1960s-1980s

计算、交叉与新范式

现代综合时代

1990s-today

Landau & Lifshitz 《经典场论》  
（1939年俄文第1版，1951年英文第1版）

公理化体系的极致优雅

从物理学的基本原理——相对性原理和最小作用量原理——出发，以演绎的方式推导出整个经典场论的宏伟大厦，包括电动力学和引力理论。深刻揭示了电磁学与时空结构的内在联系。

牺牲了历史发展脉络和物理直觉的建立过程，对初学者的认知曲线极为陡峭。

Griffiths 《电动力学导论》（1981年出版）

教学风格和哲学的彻底转变——与学生对话

- 旨在成为一本可读性强的导论……采用了非正式的、对话式的风格来写作
- 对传统教材写作范式的一种“颠覆”

避开了艰深的数学推导和包罗万象的知识点，聚焦在核心概念和物理意义的阐释

• 出现《计算电磁学》(Computational Electrodynamics) 课程

• 在传统电动力学课程中加入计算项目

使用有限元分析、时域有限差分等方法，来解决真实世界的复杂电磁问题

弥合了理论学习与工程应用、科学研究之间的鸿沟。



# 演化历程：教育哲学、物理学思想和研究范式的深刻变迁

## 数学形式 vs. 物理直觉

- ▶ Jackson: 专业的物理学家必须掌握解决复杂问题的数学武器库
- ▶ Griffiths: 没有牢固的物理直觉作为根基，复杂的数学工具只会变成空中楼阁。

理想的教学路径是螺旋式上升的过程：从Griffiths式的直觉入门，到Jackson/Zangwill式的严谨和全面，最终达到直觉与形式的统一。

## 历史脉络 vs. 逻辑结构

- ▶ 传统教学顺序：“静电 → 静磁 → 电动力学”基本遵循了电磁理论发展的历史足迹—符合学生的认知习惯。
- ▶ Purcell: 从相对论出发的“逻辑优先”法则，深刻地揭示了理论的内在统一性。

至今，这两种教学顺序仍在并行不悖。对于一个成熟的理论，可以有多种同样有效的教学切入点，选择哪一种取决于课程的定位和培养目标。

## 狭义相对论地位的变迁：从“冠冕”到“基石”

- ▶ 早期的课程体系中，狭义相对论常常是电动力学课程最后的章节，作为麦克斯韦理论的完美延伸而出现。
- ▶ Purcell: 相对论被前置，成为理解电磁现象的“基石”。

标志着物理教育从“现象驱动”向“原理驱动”的范式转移。

## 分层教学：

- ▶ 本科低年级强调物理直觉（Purcell/Griffiths）
- ▶ 本科高年级和研究生阶段则转向理论的严谨性、全面性和应用性（Jackson/Zangwill）

## MIT——“现代路径”的典范

入门课程使用Purcell的教材，从课程一开始就强调相对论思想和物理直觉的培养。

高年级本科生/研究生电动力学课程选用了Zangwill的《现代电动力学》。Jackson的教材则作为参考书被推荐。

## Berkeley——坚守“经典路径”

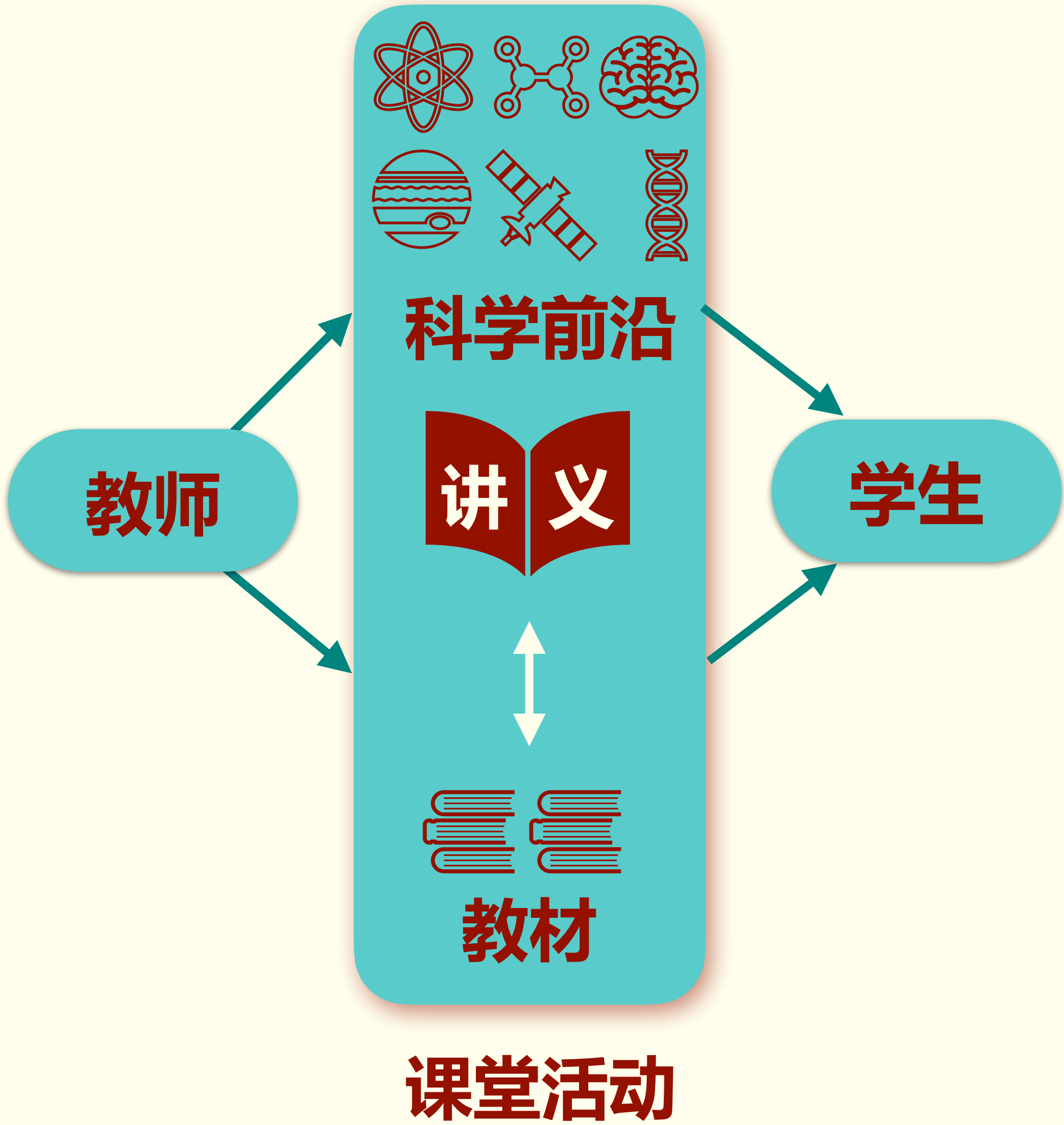
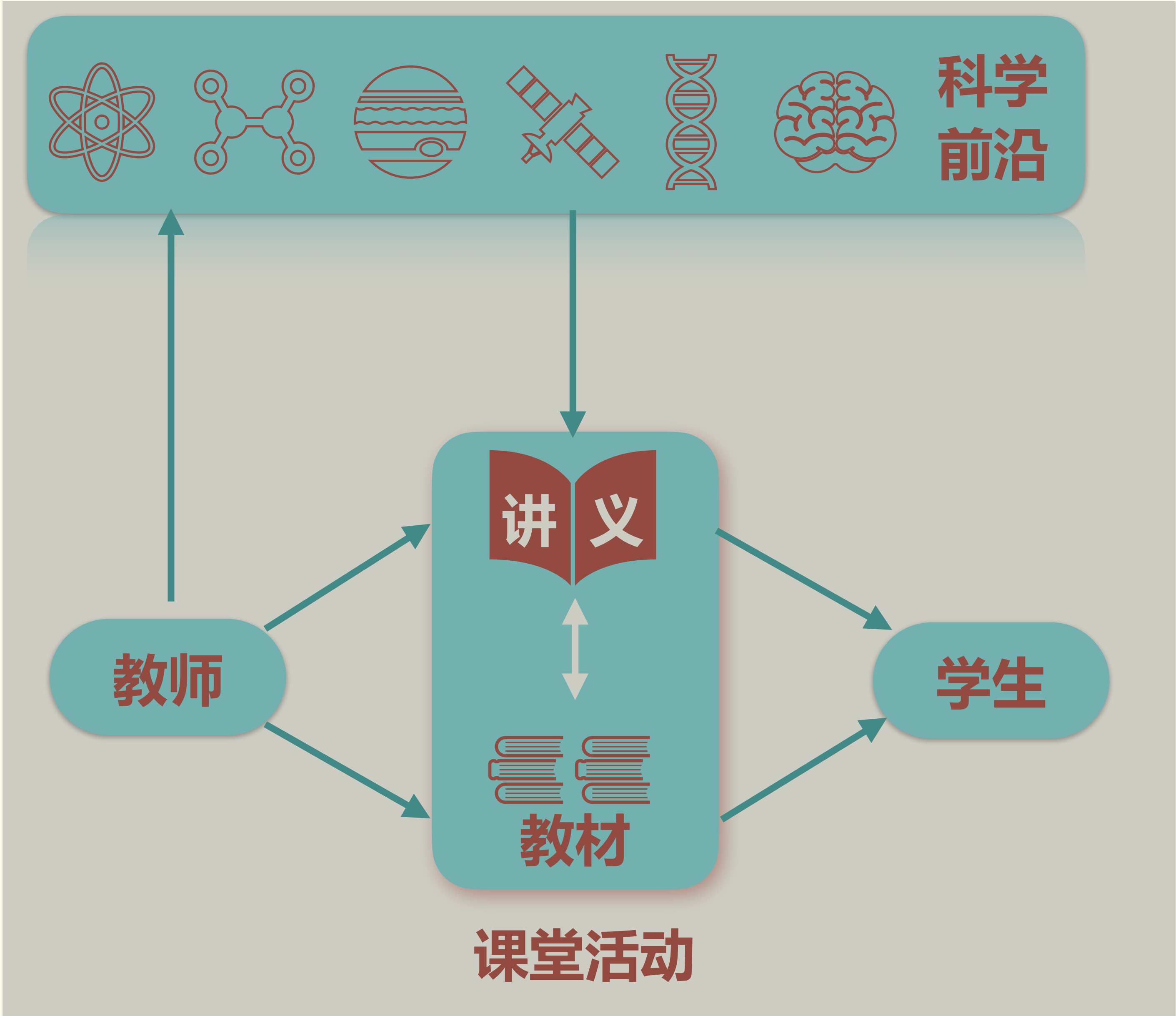
本科生电动力学使用Griffiths  
研究生阶段使用Jackson。

## 剑桥大学：理论物理的统一性

Griffiths（用于建立基本概念）、Jackson（用于深入学习）以及Landau & Lifshitz（用于理解其在理论物理中的地位）



# 教材和新兴专业、交叉方向的双向奔赴





# 新兴学科方向的典型范例： 固体物理

1953 年第1版



北京大学

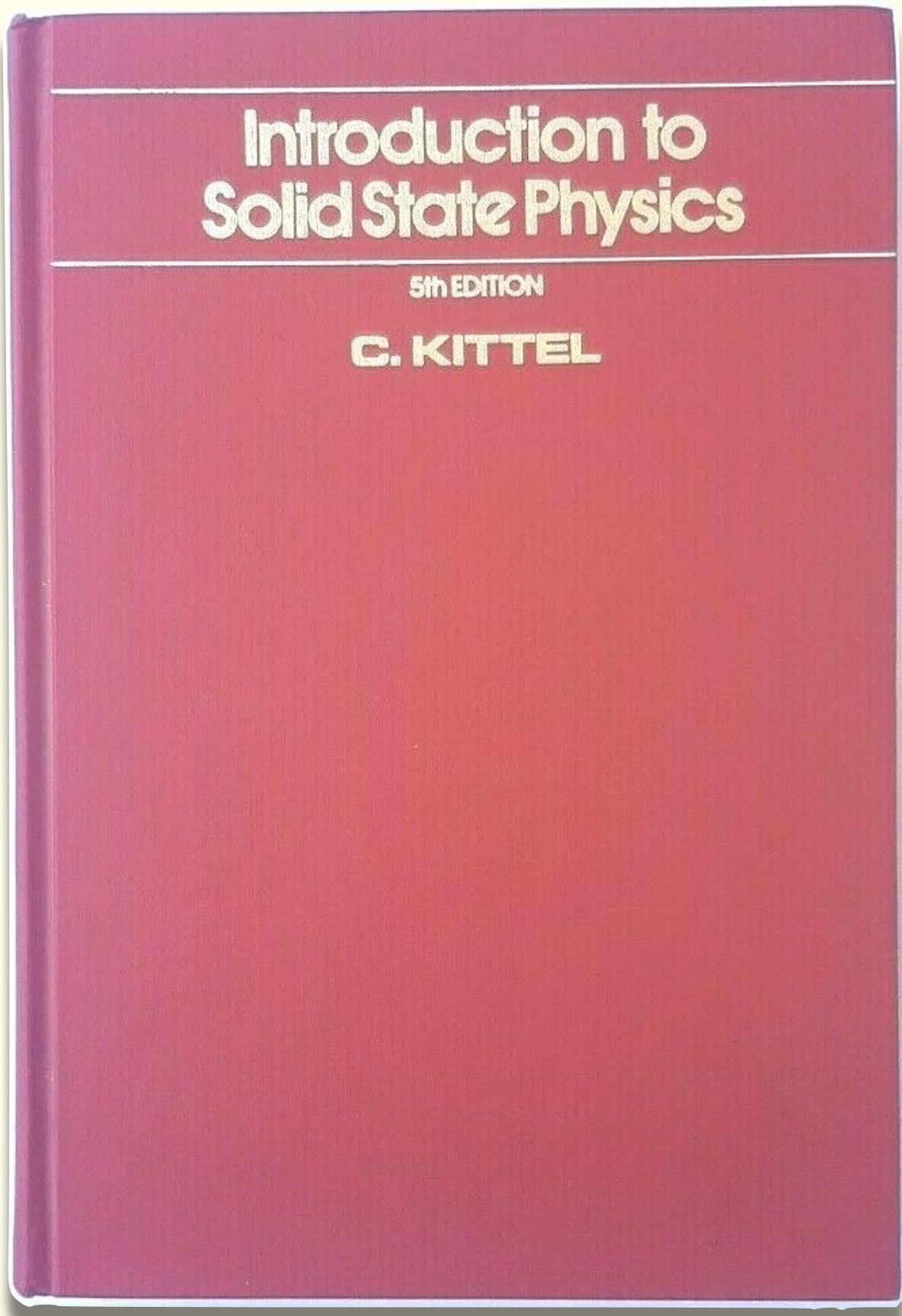
## 本科生毕业论文

题目： 物理学教材内演化和  
科学前沿关联的研究

姓 名： 常家怡  
学 号： 2100011521  
院 系： 物理学院  
专 业： 物理学  
导师姓名： 曹庆宏

二〇二五 年 六 月

## Kittel 《固体物理学导论》 (Introduction to Solid State Physics)



固体物理学史上的第一本教科书

“在许多方面，他对（教科书）内容的选择定义了固态物理学”

Ehrenreich, "Solid State: A New Exposition",  
Science, 1977, 197 (4305): 753

内容为16章，涵盖晶体与晶格振动、固体热性质、介电理论、磁性、超导理论、自由电子气理论、能带理论、半导体及晶体缺陷等。

“固体物理学是一个非常广泛的领域，它包括许多分支。……因此，入门教科书应该强调固体的理论模型，……在选择材料时，我坦率地倾向于那些可以用简单、具体和完善的模型来讨论的领域。……由于几乎每一章都是其他作者单独专著的主题，因此对这些主题的处理不可避免地会不完整。”



# 新兴学科方向的典型范例： 固体物理

## 1967年第3版

1957年，Bardeen、Cooper和Schrieffer提出的BCS理论，仅用了十年时间便进入了固体物理学基础教材

“物理学正在飞速进步是不言而喻的……我就是在阅读《固体物理学导论》第3版时意识到的。这本书距离第1版不过13年，距离第2版10年，但是第1版中用23页、第2版中用26页介绍的超导理论已经扩展到40页，第2版中用10行注释提到的BCS理论在这一版中已经被完整地阐述。……从很多方面来看，第三版都应被视为一本全新的书……”

Walker,  
"Review: Solid State Physics over 13 Years"  
Science, 1967, 155(3765) : 991.

## 2005年，第8版

扩展至22章，涵盖晶体结构、声子理论、自由电子费米气体、能带理论、半导体、超导、磁性、等离子体、光学过程和激子、介电与铁电、**表面与界面物理学**、**纳米物理学**、**非晶固体**、点缺陷、位错和合金等内容。

“在1953年出版的第一版中，超导尚未被理解；金属中的费米面才刚刚开始被探索，半导体中的回旋共振才刚刚被观察到；铁氧体和永磁体才刚刚开始被理解；当时只有少数物理学家相信自旋波的真实性。距离纳米物理学的建立还有四十年的时间。”

每次修订并非单纯增补，而是对章节进行重新组织，以便紧密追踪学科重心的变化，同时保持教材的清晰与简洁。



AI带来挑战，也带来了机遇。  
教育将决定它是机遇还是挑战。



取自朱华星老师报告

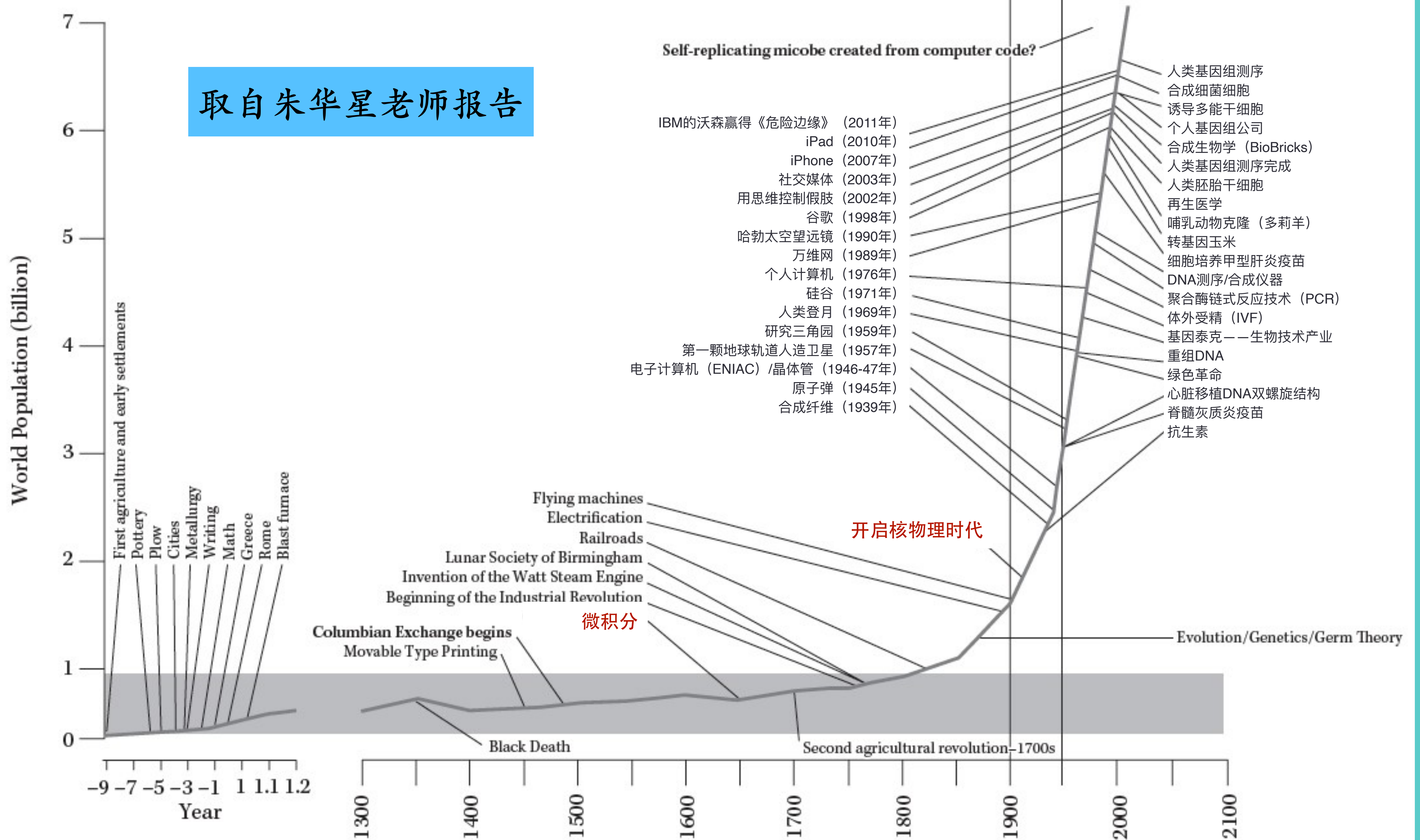


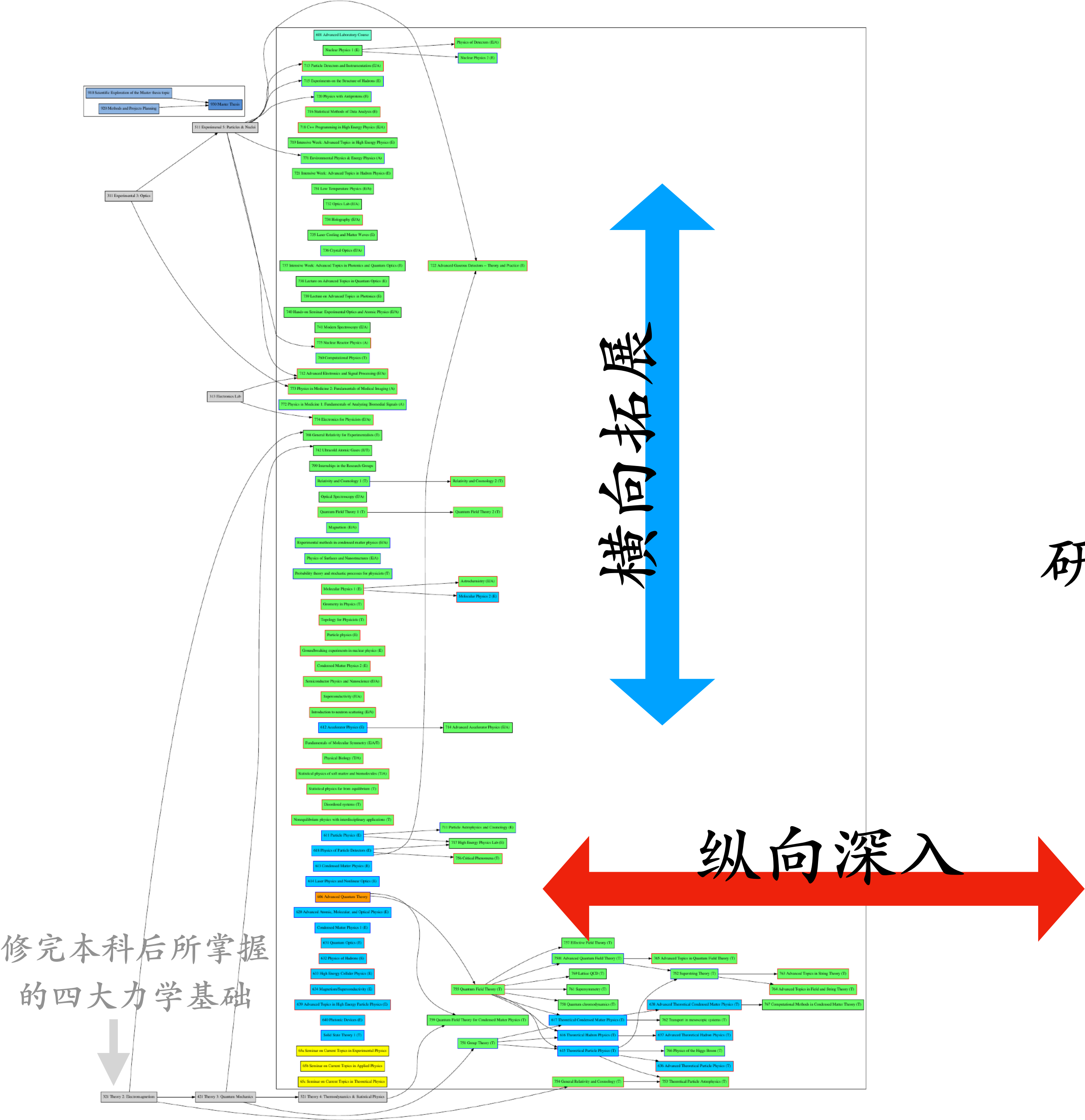
FIGURE C.1 Journey of *Homo innovaticus* since the dawn of agriculture highlighting recent advances in technology and bioscience.

Source: The authors with the assistance of James Hudak. Modified from Figure 1 of Robert W. Fogel, "Catching Up With the Economy," *American Economic Review* 89/1 (1999): 2, with



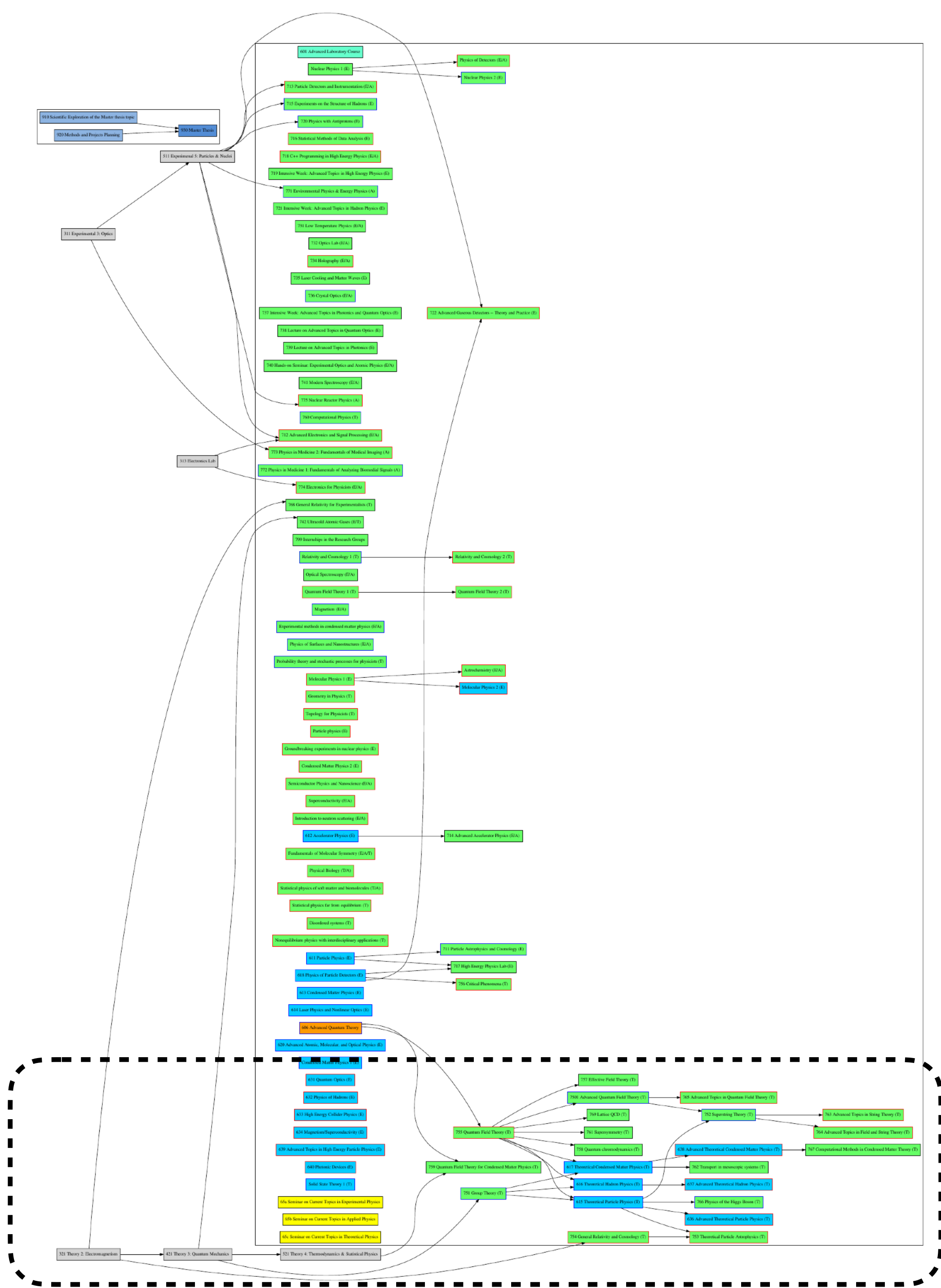
研究生物理学课程体系示例

修完本科后所掌握  
的四大力学基础

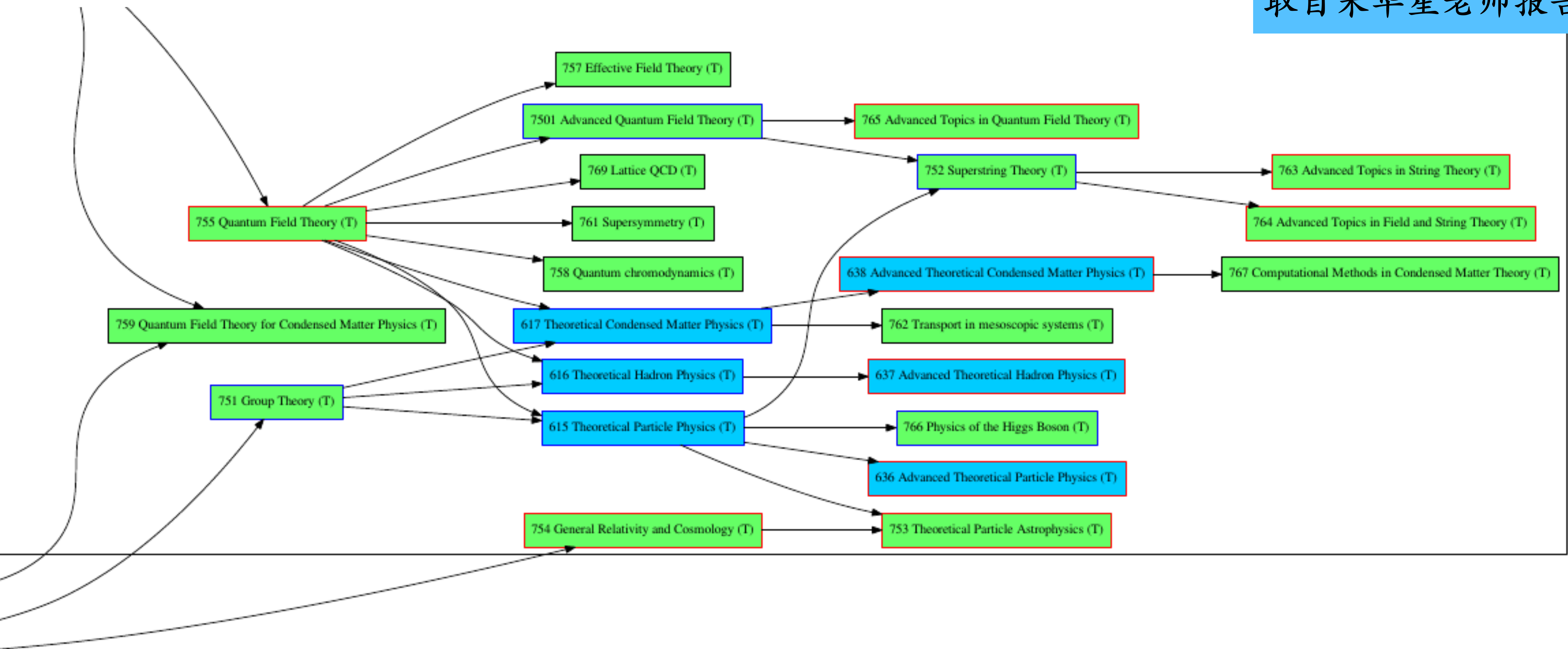




研究生物理学课程体系示例







最优秀的学生，也只能选取其中一到两条路径，尽快到达科学前沿，  
而无法遍览科学前沿的各个高峰



# 科学巨匠作出重要科学发现的年龄

取自朱华星老师报告



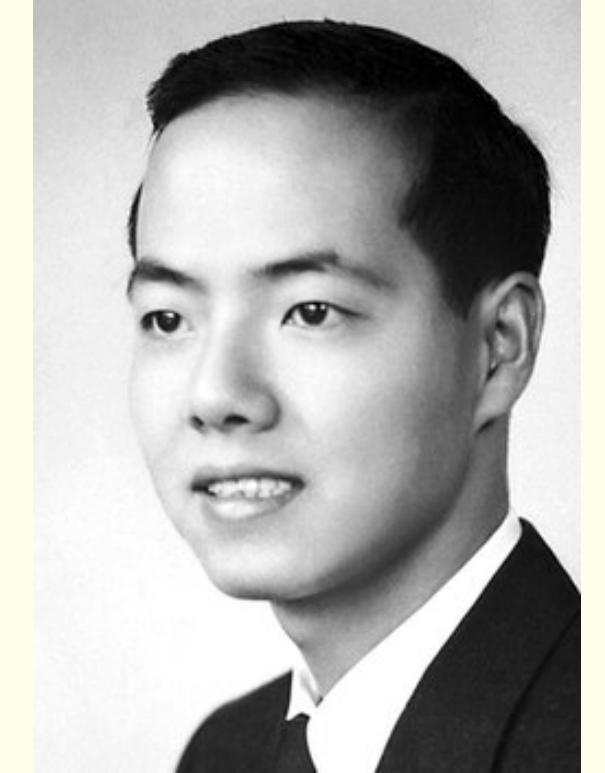
爱因斯坦26岁



海森堡23岁



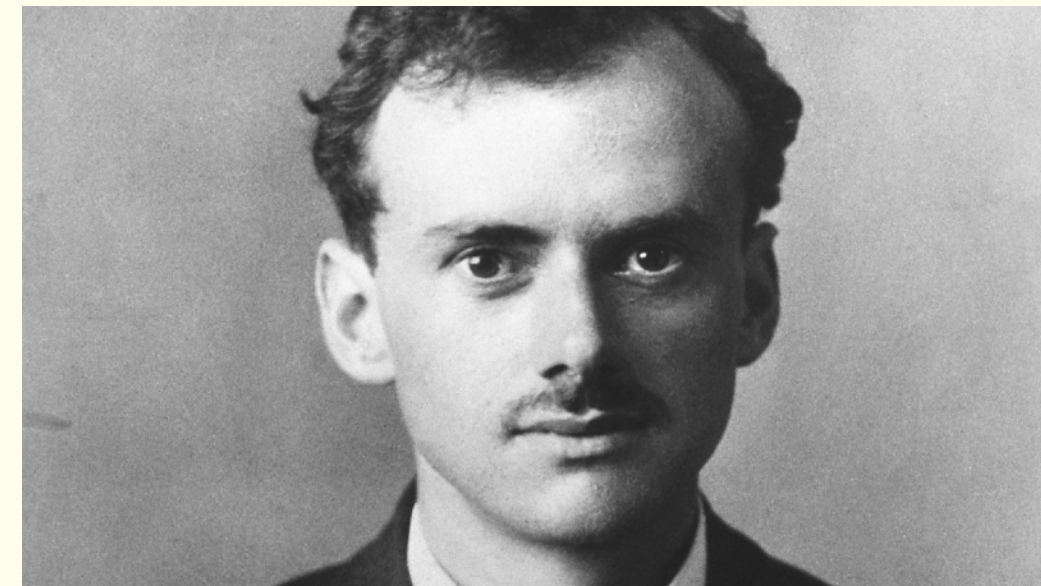
泡利23岁



李政道29岁



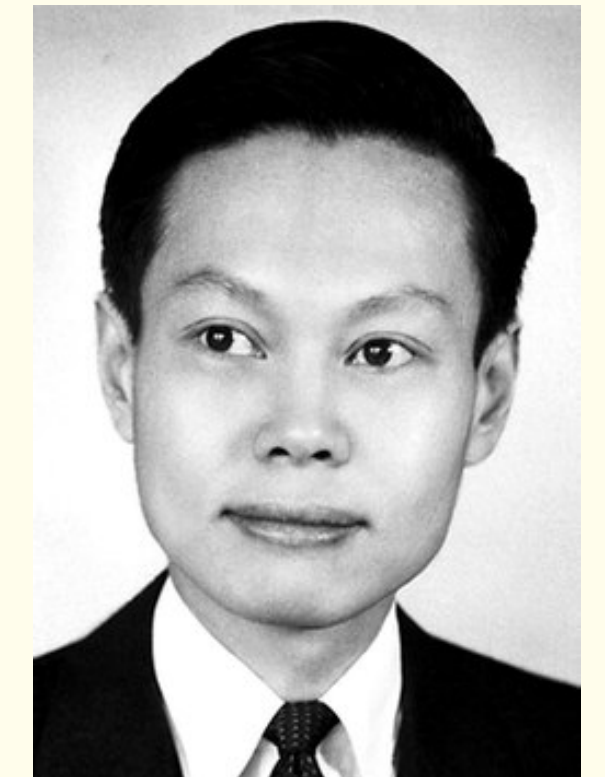
玻尔28岁



狄拉克23岁



费米33岁

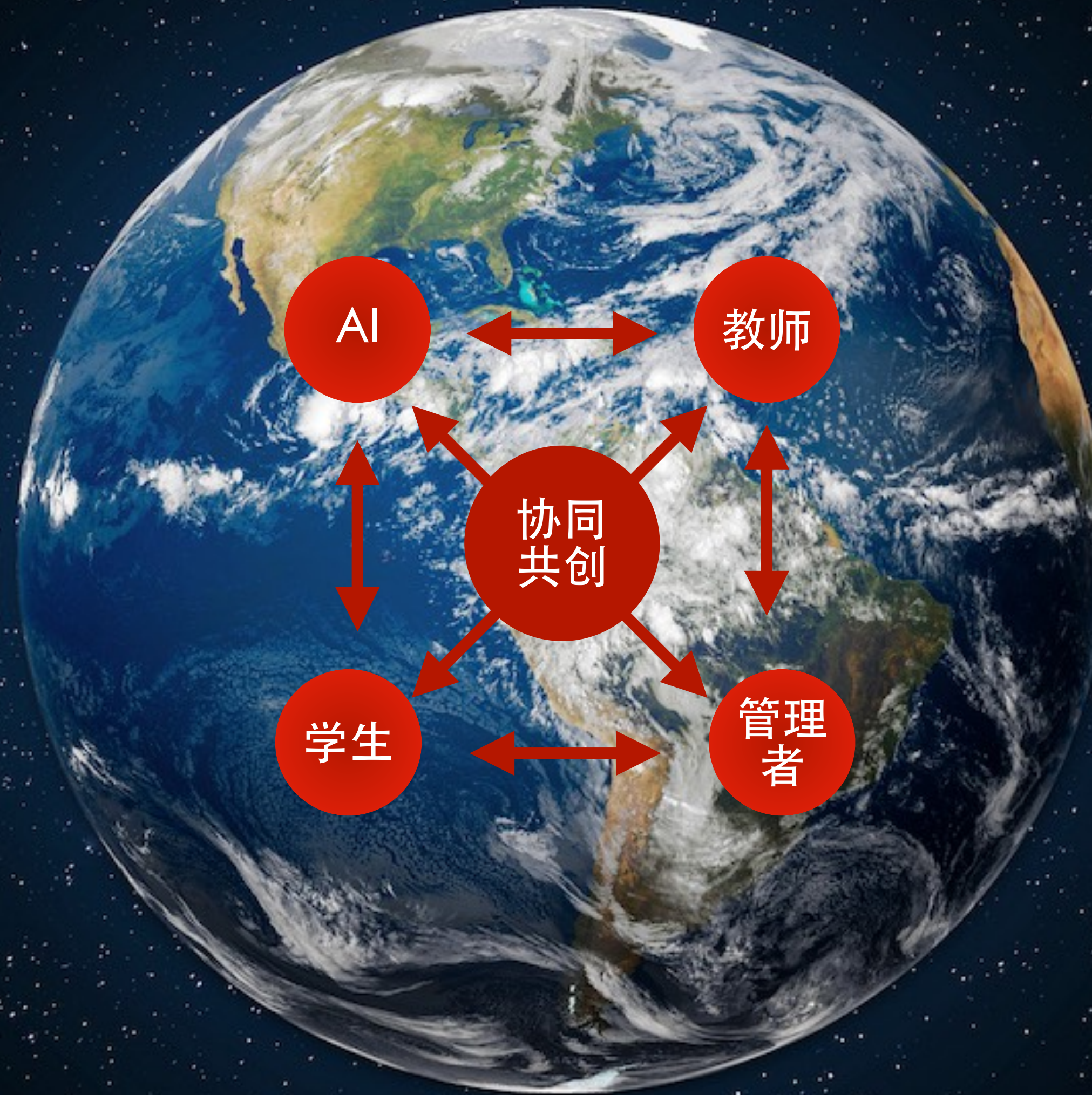


杨振宁33岁



# 未来的大学：作为人类与地球繁荣的创新生态

人类指数增长的知识  
与有限寿命  
的矛盾



漫长的知识积累与  
人类创造力高峰错位  
的矛盾

**AI不一定是解决问题的灵丹妙药，但它是我们目前所拥有的最强大工具。**



# 未来大学：无界、开放与前瞻性

## 自主构建学习模块与学位项目

- 学生根据自己的兴趣和偏好，自由组合想要修读的课程，构建自己的学习模块和学位项目。
- 根据所选模块的特点，最终授予具有特定专业方向的学位。

学生拥有更大的课程选择权，学位内容因人而异，实现“我的学位我做主”。

## 以教学法为核心，强化实践与反馈

- 推广实践性教学和师生互动活动，便于学生选择模块和参与课程设计。
- 软技能（如沟通、协作、领导力等）作为必修内容，确保学生的全面发展。
- 提倡学生自发项目，作为正式的学习模块。

教学不再单向输出，而是双向互动；  
学习不再被动接受，而是主动创造。

## 跨校模块学习，促进学生流动与个性化

- 跨校模块学习，促进学生流动与个性化。
- 在不同大学间选修模块课程，促进学生交流与流动性。
- 提升学习的灵活性与个性化程度，接触不同的校园文化与教授风格。

跨校学习打破地域限制，  
让课程成为探索与成长的机会。

## 重塑大学空间，打造灵活学习环境

- 提供VR/AR课程环境。
- 提供用于小组项目的场所。
- 构建轻松的、非正式的聚会与工作空间。

校园不仅是上课的地方，更是激发创造力、  
促进协作的“生活实验室”。



# 未来大学：无界、开放与前瞻性

## 自主构建学习模块与学位项目

- 学生根据自己的兴趣和偏好，自由组合想要修读的课程，构建自己的学习模块和学位项目。
- 根据所选模块的特点，最终授予具有特定专业方向的学位。

学生拥有更大的课程选择权，因人而异，实现“我的学位我设计”。

## 以教学法为核心，强化实践与反馈

- 推广实践性教学和师生互动活动，便于学生选择模块和参与课程设计。
- 软技能（如沟通、协作、领导力等）作为必修内容，保障学生的全面发展。

项目，作为正式的学习模块。

单向输出，而是双向互动；被动接受，而是主动创造。

## 跨校模块学习，促进学生流动与共享

- 跨校模块学习，促进学术交流。
- 在不同大学间选修模块，增强流动与流动性。
- 提升学习的灵活性与个性化程度，接触不同的校园文化与教授风格。

跨校学习打破地域限制，让课程成为探索与成长的机会。

## 重塑大学空间，打造灵活学习环境

课程环境。  
项目的场所。  
构建轻松的、非正式的聚会与工作空间。

校园不仅是上课的地方，更是激发创造力、促进协作的“生活实验室”。

合作学习  
合作科研



# 教材不再是书，而是一种不断进化的学习生命体

## 传统教材的局限

静态、更新周期长  
内容与科研脱节  
学习过程割裂



## 未来教材的特征

- 智能化：AI自适应  
内容与反馈
- 开放性：实时链接  
科研数据库
- 共生性：师生AI共建

教材将从“被读”转向“共创”



# 共同学习： 学习共同体的重构

- 学生在教材中实时标注、评论、提问
- AI助教分析群体学习路径，提供个性化指导
- 跨校、跨国的学习网络形成“共学云”



# 共同科研： 从被动吸收到主动创造

“教材即科研平台”理念

教材嵌入：

- 虚拟实验室
- 开放科研数据库
- AI建模接口

学习从“个体行为”变为“社会协作”，  
教材成为“知识社交平台”。

让学习变为科研启蒙，  
实现“学中研、研中学”。



# 无界校园：学习空间的消融与融合

教材成为虚拟与实体校园的连接器  
可访问全球图书馆、远程实验室与学术社群  
打破地理与时区限制，实现随时学习

## 四大技术核心：

1. AI引擎：智能评估与内容生成
2. AR/VR交互：沉浸式学习体验
3. 知识图谱：动态学科网络
4. 云协作平台：实时同步数据与笔记

未来教材是“共智体”，融合人类智慧与AI认知，  
支撑全球教育的持续学习与科研合作

1. 从内容传递到智能共创
2. 从知识孤岛到全球协作网络
3. 从个体学习到群体智能



# 悟理：物理学人工智能教育专用大模型项目

(慕课/电子书/论坛/维基百科的混合体)

学习者与世界的对话，连接人、知识与智能，无界、共生、共智的学习宇宙

欢迎登录 IPHYSICS

用户名

密码

登录

系统介绍及开发者信息

用户界面

AI分析

数据

协作



陈乐恒



张质源



朱华星



曹庆宏

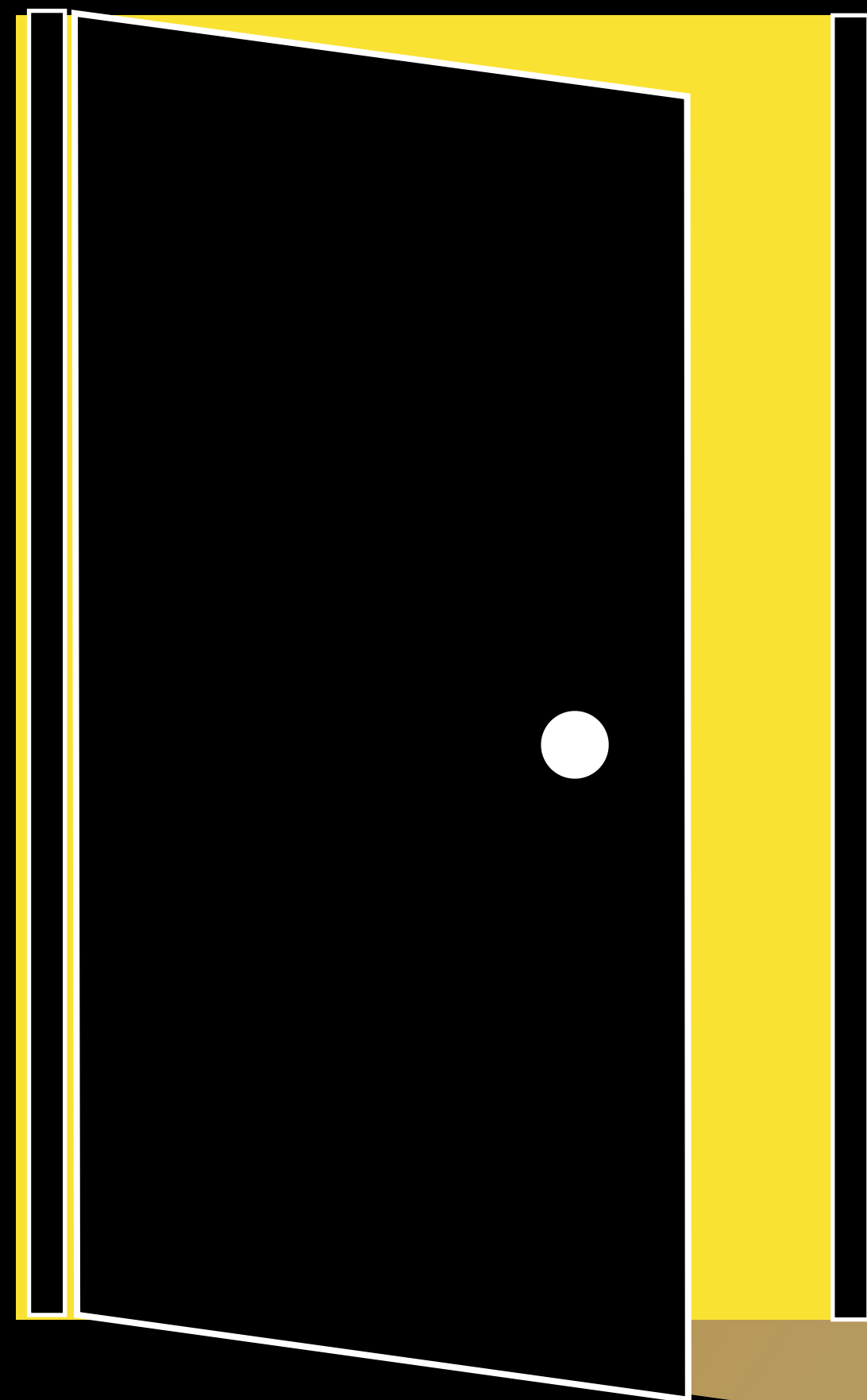


马皓



马滢青





AI带来挑战，也带来了机遇。  
教育将决定它是机遇还是挑战。

感谢您的倾听，敬请批评指正！