

本科生基础物理课程学习效果 评价及其影响因素关联度研究



Study on Undergraduates' Learning of Basic Physics
Curriculums and the Correlation of Influence Factors



马世红

复旦大学物理学系
2017年9月23日



研究背景及目的

本科生基础物理课程学习效果评价及其影响因素关联度研究

物理教育研究

Physics Education Research

PER

历程

20世纪70年代初

该概念最初由美国华盛顿大学的
Lillian Christie McDermott教授提出

1999

美国物理协会正式将PER纳入物理
研究领域新发展方向

21世纪

PER越来越受到中国物理教育学者的
重视

历程

中美物理教育研究现状

	中国	美国
期刊	《大学物理》 《物理教育》	Physics Education (《物理教育》) The Physics Teacher (《物理教师》) American Journal of Physics (《美国物理杂志》)
热点	模型、评估、概念	实验、学生态度、心理学
特点	以定性为主 重点分布不均 集中于初高中阶段	从学生角度出发，贴近学生需求

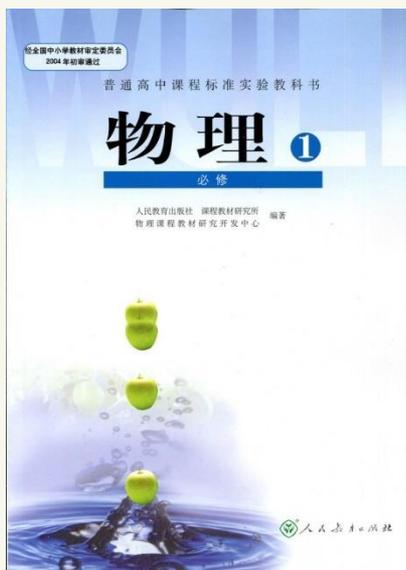
中美高中物理教育差异

	中国	美国
课程	《普通高中物理课程标准》指导 必修课	地方分权管理 学分制选修
教材	课程改革指导下五个版本教材 理论严谨、科学性强	不设立统一的大纲和教材 覆盖内容广、知识量大 色彩搭配、图文并茂
教师	师范大学相关学科的本科学位 具有必备的课程知识和教育技能	参差不齐
问题	只着眼于解题 对物理意义理解不深入 无法用所学知识解决生活实际问题 实验操作能力弱 不善于自主探究和质疑提问	基础薄弱 不系统完整 解决问题能力较差

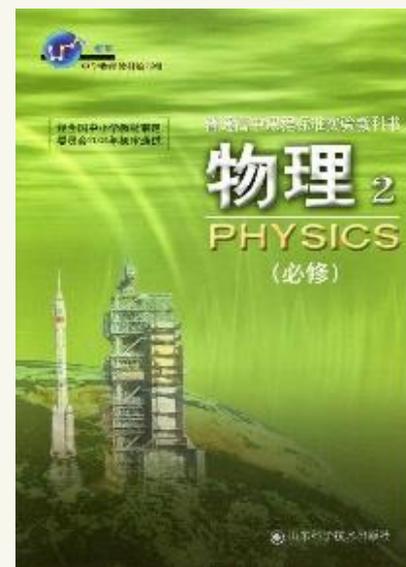
中国高中物理课程结构

			选修3-5	碰撞与动量守恒 原子结构 原子核 波粒二象性 机械振动与机械波	
			选修3-4	电磁振荡与电磁波 光 相对论	
		选修2-3	光与光学仪器 原子结构与核技术	选修3-3	分子动理论与统计思想 固体、液体与气体 热力学定律与能量守恒 能源与可持续发展
选修1-2	热现象与规律 热与生活 能源与社会发展	选修2-2	力与机械 热与热机	选修3-2	电磁感应 交变电流 传感器
选修1-1	电磁现象与规律 电磁技术与社会发展 家用电器与日常生活	选修2-1	电路与电工 电磁波与信息技术	选修3-1	电场 电路 磁场
选修1	人文特色	选修2	技术应用	选修3	物理方法
物理1	运动描述 相互作用与运动规律	物理2			机械能和能源 抛体运动与圆周运动 经典力学的成就与局限性
必修	初步了解物理学的特点和研究方法				

新版物理 必修和选修教材



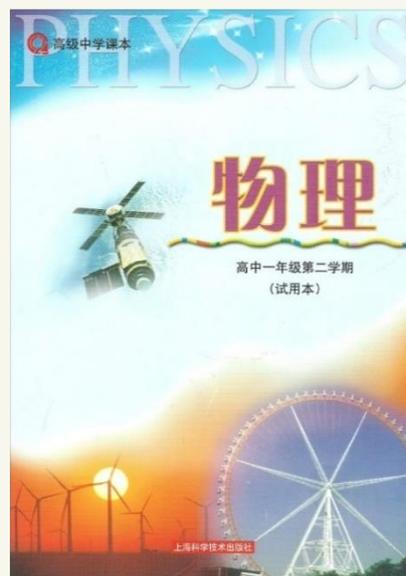
人民教育出版社(人教版)



山东科学技术出版社(鲁科版)



广东教育出版社(广东版)



上海科技教育出版社(沪科版)



教育科学出版社(教科版)

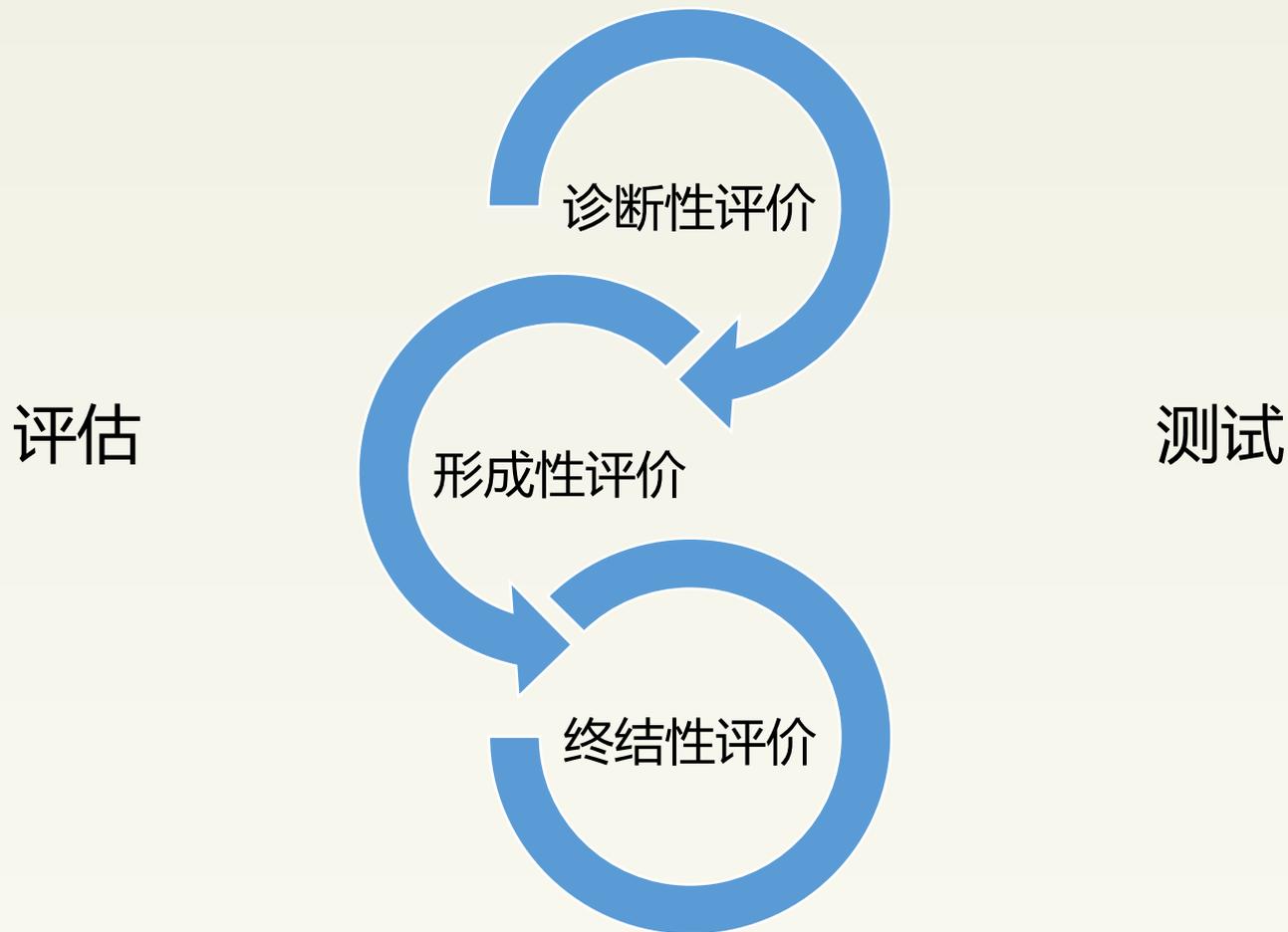
现存问题及研究目的

研究中的基本问题是：本科招生过程中，新生来源于全国各地，不同生源地所用教材、大纲各不相同，造成新生入学时对物理知识的掌握有差异，此外还有性别、录取方式、适应性等多种因素。

目的是研究高中不同程度的物理课程知识学习是否会影响大学新生对物理概念的理解和他们的科学推理能力，除此以外其他会导致差异的因素？

借鉴国际PER方法，建立阶段性评估数据库，利用量化统计的方法，结合学生背景分析影响其课程学习的因素及这些因素之间的关联度，定性和定量研究高中课程训练对学生课程知识和学习能力的影响。作为物理教学调整完善的参考和依据。

教学评估



标准化物理评估工具

FCI

Force Concept
Inventory

力学概念测试卷

包含29道单选题
每题均有五个选项
牛顿力学相关的最基本原理
无需任何计算
预计完成时间为15-30分钟

适用于中小学至大学生

BEMA

The Brief Electricity and
Magnetism Assessment

简要电磁学评估卷

包含30道不定项选择题
每题有5-6个选项
电磁学中物质与相互作用
只需简单的计算
预计完成时间为45分钟

适用于本科低年级学生，需
要具有一定微积分基础

LCSTR

Lawson Classroom Test of
the Scientific Reasoning

科学推理能力测试卷

包含24道题目
分为守恒推理、比例推理、
控制变量、概率推理、相
关推理和假设演绎推理六
个维度
采用题目组的形式

题目对学术背景的要求很
低，适用于任何具有基础
运算能力人群

教学效果评价指标：归一化收益 前测-后测法

$$G = \frac{\bar{S}_t - \bar{S}_0}{T - \bar{S}_0}$$

\bar{S}_0 指前测的平均分

\bar{S}_t 指后测的平均分

T 为测试总分

公式的含义为将后测分数减去前测分数所得的增加量，除以最大可能增加量。



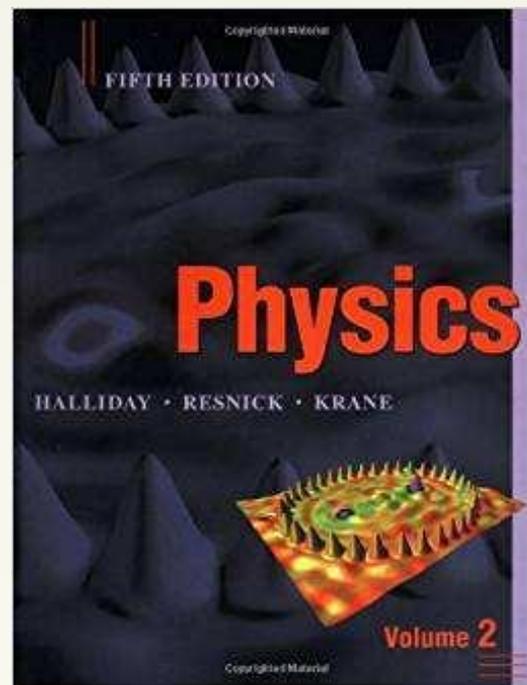
测试数据收集与分析

本科生基础物理课程学习效果评价及其影响因素关联度研究

评估对象

选择2016-2017学年第一学期《大学物理A：力学》的
自然科学大类新生
未来有意向进入物理学系继续学习
共271名

这些学生被分为两个班级进行授课
称A班和B班
两班授课内容、时长都相同，教师和助教不同



测试内容及考察范围

	A班	B班
物理学概念测试 PCI	√	√
阶段测验 TEST-2	√	
期中测试 Mid-term Exam	√	√
期末测试 Final Exam	√	√

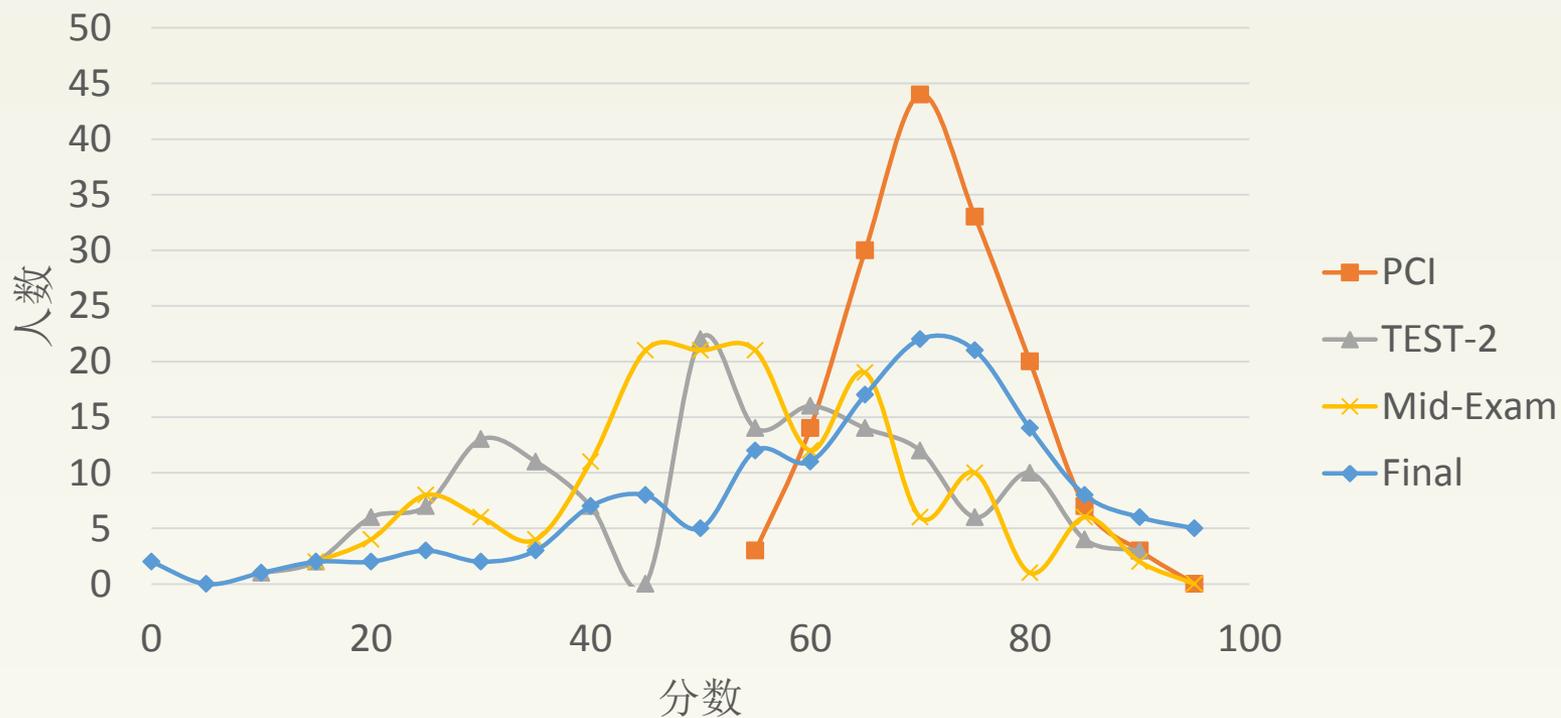
“大学物理 A：力学” A 班和 B 班 GPA 结果人数比例分布

GPA	A	B	C	D	F
A 班人数(%)	30.7%	56.7%	3.3%	2.7%	6.7%
B 班人数(%)	27.9%	47.7%	19.8%	2.7%	1.8%

测试结果

A班

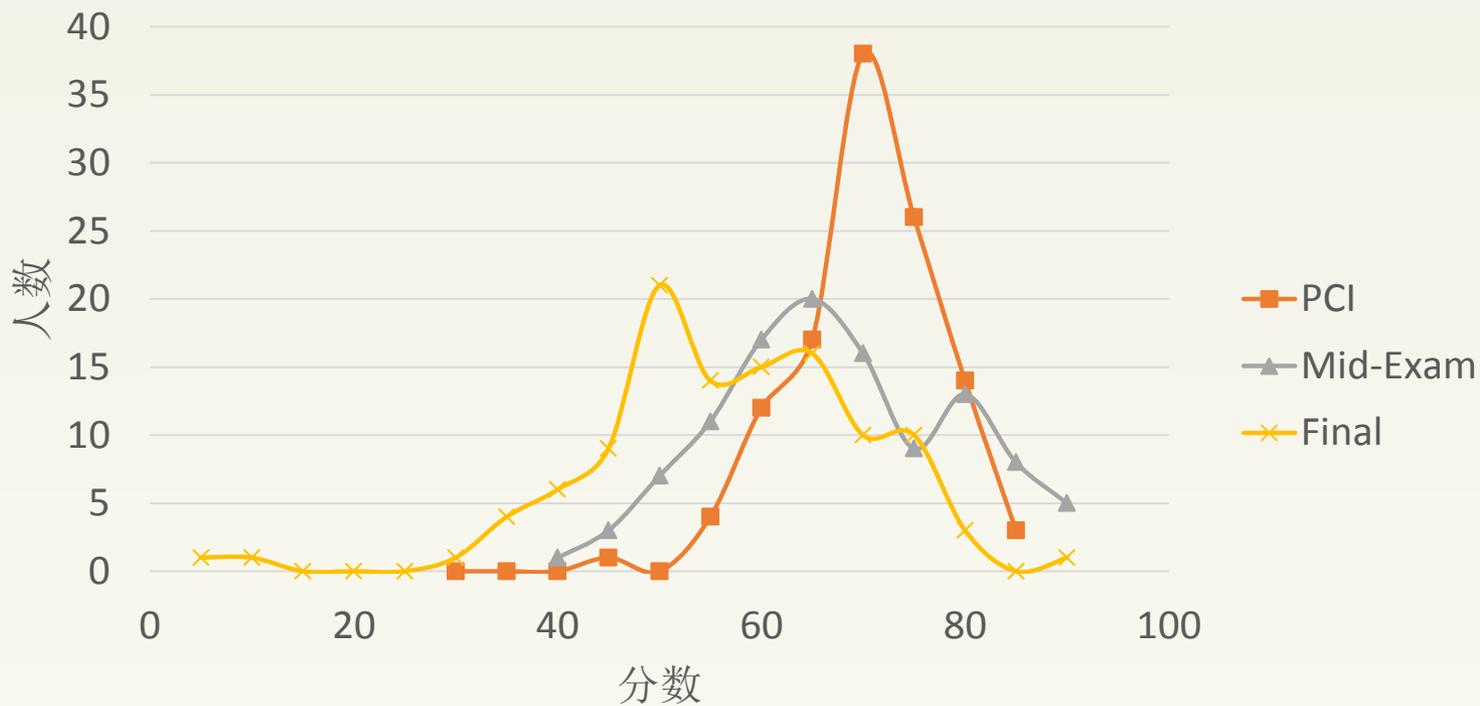
A班阶段测试分数分布



测试结果

B班

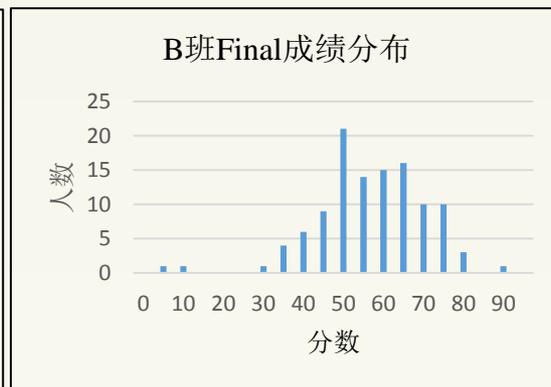
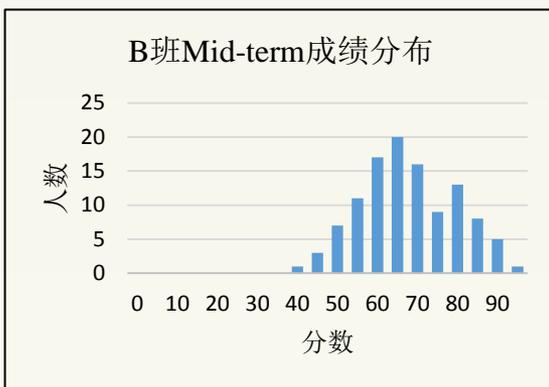
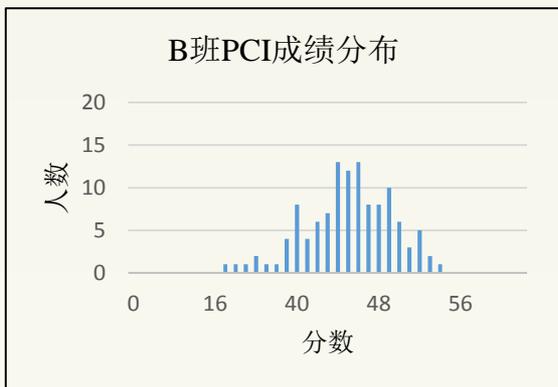
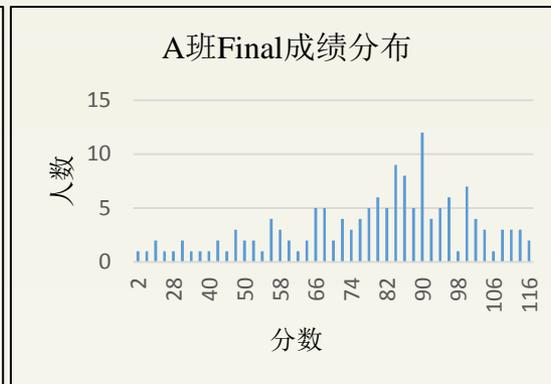
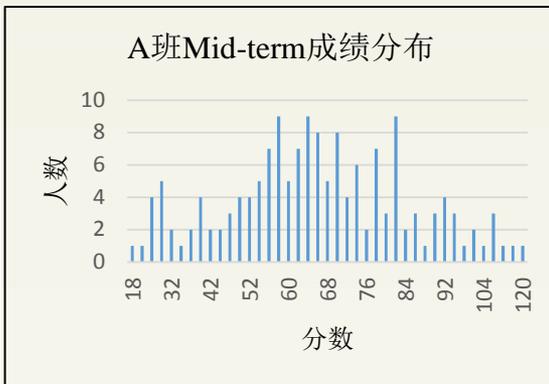
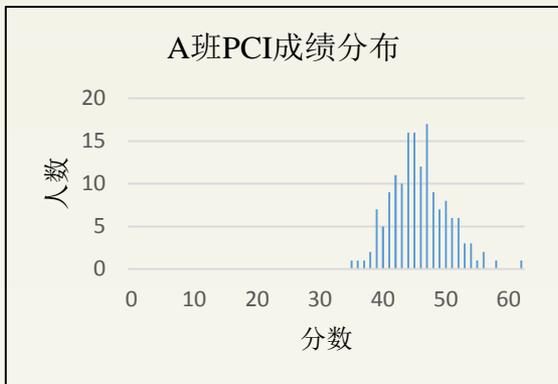
B班阶段测试分数分布



结果分析

宏观规律

- 一、测试的平均分越高，学生成绩越集中，标准差越小
- 二、在所有测试中男生平均成绩普遍优于女生，但最后测试收益情况较低，体现出一定性别差异



结果分析

宏观规律

- 一、测试的平均分越高，学生成绩越集中，标准差越小
- 二、在所有测试中男生平均成绩普遍优于女生，但最后测试收益情况较低，体现出一定性别差异

微观规律

- 一、大部分学生成绩稳定，有小幅上升或下降
- 二、出现成绩大幅下滑的学生以男生为主，男生稳定性略弱于女生
- 三、来自不同生源地学生表现出不同的收益效果

对象	指标	A 班				B 班		
		PCI	TEST-2	Mid-term	Final	PCI	Mid-term	Final
总体	平均	73.65	54.99	54.82	66.04	72.90	69.56	58.92
	标准差	6.98	18.97	16.47	18.08	6.87	11.82	13.21
	增益	-	-0.71	-0.71	-0.29	-	-0.12	-0.52
男生	平均	75.02	57.52	58.20	67.15	73.44	70.43	59.35
	标准差	6.61	19.12	16.38	17.34	6.32	12.07	13.94
	增益	-	-0.70	-0.67	-0.32	-	-0.11	-0.53
女生	平均	70.87	49.89	47.99	63.70	69.83	64.76	56.53
	标准差	6.87	17.59	14.40	19.35	8.86	8.95	7.62
	增益	-	-0.72	-0.79	-0.25	-	-0.17	-0.44

学生生源地情况分析



测试对象生源地分布可视化

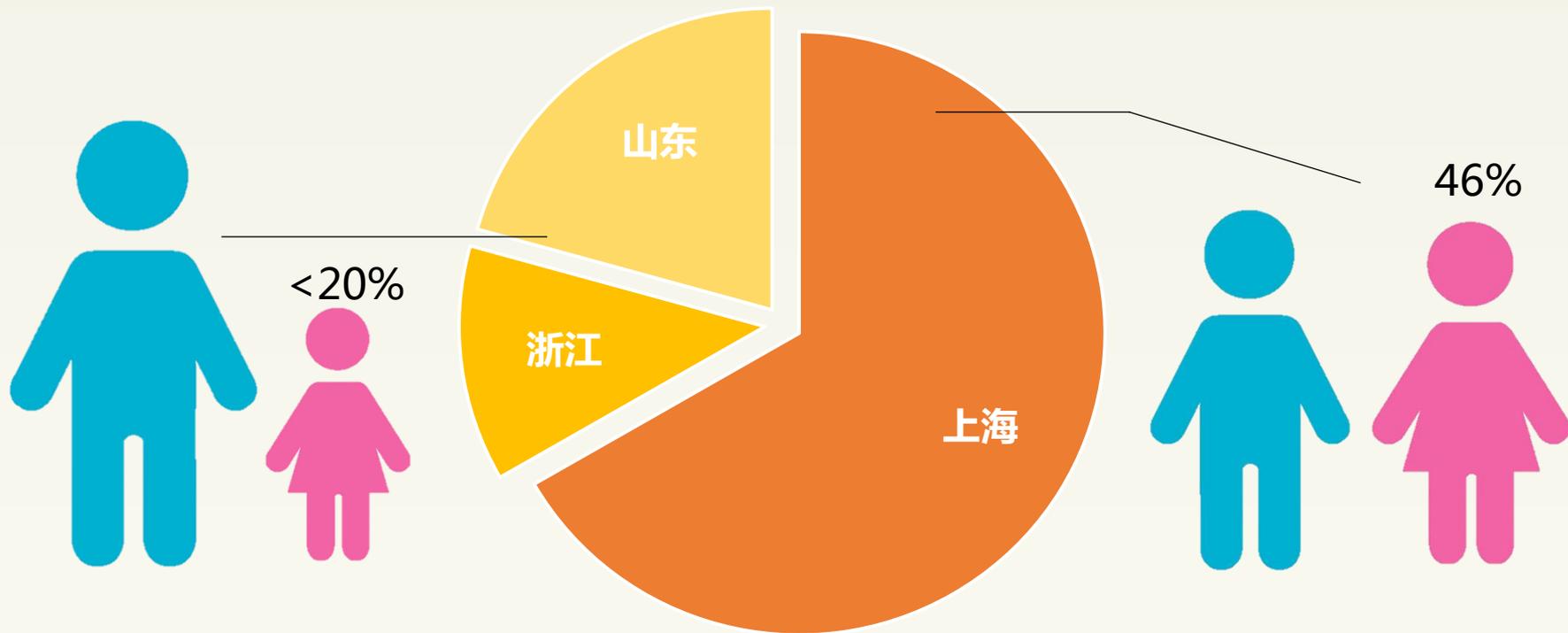
不同省市物理高考比较

人数分布：来自A班的上海学生共35名，浙江学生共8名，山东学生共13名

来自B班的上海学生共23名，浙江学生共3名，山东学生共5名

录取方式：上海、浙江几乎全部为综合评价录取试点生，山东则全部为国家计划本科收费生

性别比例：上海>浙江>山东，上海女生最多，达到45.7%，浙、鲁女生比例低于20%。



三省市人数分布

三省市测试结果统计

对象		A 班			B 班		
生源地	测试	平均值	标准差	增益	平均值	标准差	增益
上海	PCI	74.08	6.63	-	75.04	6.72	-
	TEST-2	56.83	17.27	-0.67	-	-	-
	Mid-term	54.64	12.55	-0.75	69.39	11.81	-0.18
	Final	66.33	14.27	-0.30	63.09	11.23	-0.42
浙江	PCI	81.23	4.73	-	81.72	0.76	-
	TEST-2	75.69	13.59	-0.30	-	-	-
	Mid-term	71.77	11.88	-0.50	78.00	10.68	-0.17
	Final	83.44	10.53	0.12	65.33	8.18	-0.85
山东	PCI	74.55	6.14	-	73.55	6.96	-
	TEST-2	54.70	23.25	-0.78	-	-	-
	Mid-term	55.06	18.69	-0.77	65.60	6.25	-0.35
	Final	63.53	20.42	-0.43	55.40	13.54	-0.75

不同省市物理高考比较

	上海	浙江	山东
教材	沪科版	人教版	人教版
考试用卷	上海卷 物理单独列卷	浙江卷 理综	全国卷I卷 理综
时长 分值	考试时间120分钟 满分150分	考试时间150分钟 满分300分 (物理120分、化学 100分、生物80分)	考试时间150分钟 满分300分 (物理110分、化学 100分、生物90分)

高中物理课程结构

上海

I 类要求共102个 (A类46个、B类56个)
 II 类要求共 16个 (C类12个、D类 4个)

选修1-2	热现象与规律 热与生活 能源与社会发展	选修2-3	光与光学仪器 原子结构与核技术	选修3-5	碰撞与动量守恒 原子结构 原子核 波粒二象性
选修1-1	电磁现象与规律 电磁技术与社会发展 家用电器与日常生活	选修2-2	力与机械 热与热机	选修3-4	机械振动与机械波 电磁振荡与电磁波 光
选修1	人文特色	选修2-1	电路与电工 电磁波与信息技术	选修3-3	相对论 分子动理论与统计思想 固体、液体与气体 热力学定律与能量守恒 能源与可持续发展
选修3	物理方法	选修2	技术应用	选修3-2	电磁感应 交变电流 传感器
物理1	运动描述 相互作用与运动规律	物理2		选修3-1	电场 电路 磁场
必修	初步了解物理学的特点和研究方法				

以上都不计入实验要求

高中物理课程结构

浙江

I 类要求共28个
II 类要求共31个

选修1-2	热现象与规律 热与生活 能源与社会发展	选修2-3	光与光学仪器 原子结构与核技术	选修3-5	碰撞与动量守恒 原子结构 原子核 波粒二象性
选修1-1	电磁现象与规律 电磁技术与社会发展 家用电器与日常生活	选修2-2	力与机械 热与热机	选修3-4	机械振动与机械波 电磁振荡与电磁波 光
选修1	人文特色	选修2-1	电路与电工 电磁波与信息技术	选修3-3	相对论 分子动理论与统计思想 固体、液体与气体 热力学定律与能量守恒 能源与可持续发展
选修3	物理方法	选修2	技术应用	选修3-2	电磁感应 交变电流 传感器
选修3-1				选修3-1	电场 电路 磁场
物理1	运动描述 相互作用与运动规律	物理2		选修3	机械能和能源 抛体运动与圆周运动 经典力学的成就与局限性
必修	初步了解物理学的特点和研究方法				

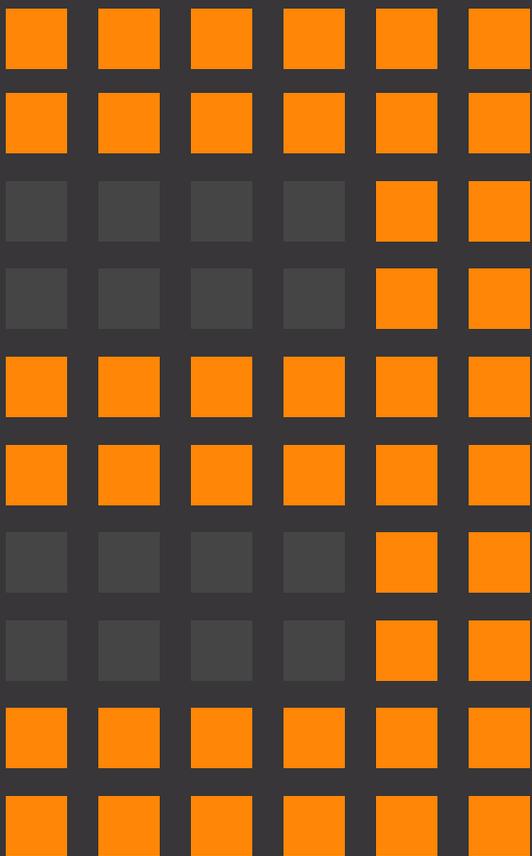
以上都不计入实验要求

高中物理课程结构 山东

I 类要求共75个
II 类要求共33个

选修1-2	热现象与规律 热与生活 能源与社会发展	选修2-3	光与光学仪器 原子结构与核技术	选修3-5	碰撞与动量守恒 原子结构 原子核 波粒二象性
选修1-1	电磁现象与规律 电磁技术与社会发展 家用电器与日常生活	选修2-2	力与机械 热与热机	选修3-4	机械振动与机械波 电磁振荡与电磁波 光
选修1	人文特色	选修2-1	电路与电工 电磁波与信息技术	选修3-3	相对论 分子动理论与统计思想 固体、液体与气体 热力学定律与能量守恒 能源与可持续发展
选修3	物理方法	选修3-2	电磁感应 交变电流 传感器	选修3-1	电磁感应 交变电流 传感器 电场 电路 磁场
物理1	运动描述 相互作用与运动规律	选修2	技术应用	选修3	机械能和能源 抛体运动与圆周运动 经典力学的成就与局限性
必修	初步了解物理学的特点和研究方法				

以上都不计入实验要求



小结

本科生基础物理课程学习效果评价及其影响因素关联度研究

小结

新生入学时的课程知识的差异的确会在较长的时间范围内对成绩产生影响，然而长期来看这种差异尽管有较大惯性但会缩小。同时分析归一化增益可以看到成绩的绝对值与教学收益并没有正相关关系。

男女之间存在性别差异，且男生的表现平均看来优于女生，但性别差距不会随着本科教学的深入而继续拉大，反而女生的学习效果会不断提高。

学生对物理概念掌握的范围和程度存在区域性差异，高中阶段受到大量深入的训练会使学生在初期具有优势，但后续收益并没有与之挂钩。

综合之后得出如下小结：

入学时的课程知识会影响阶段测试成绩，但与后续学习收益没有显著相关。

Reference

- [1] Bao L, Wu N. Learning and Scientific Reasoning[J]. Science, 2009, 323(5914):227-237.
- [2] 刘兆龙, 罗莹, 胡海云. “物理教育研究” 及其对美国高等学校物理教学的激励[J]. 物理, 2014, 43(07): 478-482.
- [3] 翟小铭, 郭玉英. 十年来国际物理教育研究热点分析及启示[J]. 全球教育展望, 2015, 44(5):108-117.
- [4] 张立彬, 梁启锐, 李广平. 麻省理工学院物理教育状况研究[J]. 大学物理, 2011, 30(2):34-39.
- [5] 方恺, 杨丽佳, 蔡天芳, 等. 美国物理教育研究进展[J]. 大学物理, 2010, 29(7):49-52.
- [6] 张轶炳, 黄昭, 白明侠, 等. 中美大学生科学推理能力差异的调查研究[J]. 咸阳师范学院学报, 2011, 26(2):112-115.
- [7] 刘承宜, 殷建玲, 杨友源, 等. 中外物理教育研究与发展的初步比较[J]. 物理, 2004, 33(7):534-540.
- [8] New Approach to analyzing physics problems: A Taxonomy of Introductory Physics Problems, PRST-PER, 2013.
- [9] 王广新. 高中物理教材结构的比较研究[D]. 首都师范大学, 2008.
- [10] 孔潇潇. 新课程标准下全国高中物理新教材对比研究与浅析[D]. 华东师范大学, 2006.
- [11] 梁寒冰. 基于FCI工具的物理概念和规律的教学研究[D]. 南京师范大学, 2007.
- [12] 夏海宁. 前概念对物理概念学习的影响及其转化策略研究[D]. 辽宁师范大学, 2011.
- [13] Ding L, Chabay R, Sherwood B, et al. Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment[J]. Physical review special Topics-Physics education research, 2006, 2(1): 87-92.
- [14] Hake R R. Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses.[J]. American Journal of Physics, 1998, 66(1):27.
- [15] Lei B, Kai F, Cai T, et al. Learning of content knowledge and development of scientific reasoning ability: A cross culture comparison[J]. American Journal of Physics, 2008, 77(12):1118-1123.
- [16] 冯秀梅, 包雷, 余子侠. 中美大学生科学推理能力的性别差异探讨[J]. 高等教育研究, 2013(7):70-74.
- [17] 吴艳艳. 不同版本高中物理课程标准实验教材的比较与研究[D]. 辽宁师范大学, 2010.

THANK YOU



QUESTION?

