

基于注意力曲线的近代物理专题智慧课堂的设计*

林辉 孟大敏 刘成岳 陈冰 杨远俊 景佳 唐琼

(合肥工业大学物理学院 安徽合肥 230009)

(收稿日期:2021-07-29)

摘要:近代物理专题作为基础通识必修课程大学物理的延续课程,担当着帮助学生了解近代物理学的发展概貌、提高大学生的科学素养的教学目标.文章工作以固体物理基础与硅信息时代专题为例,结合注意力曲线特点,使用混合式教学方法和手段,理论与应用相结合,进行了固体物理基础和硅材料应用的智慧课堂设计.经多次教学实践,取得了良好的教学效果.

关键词:注意力曲线 智慧课堂 科学素养培养 混合式教学法 线上线下

1 近代物理专题课程开设的目标

作为基础通识必修课程大学物理的延续课程,近代物理专题通常作为工科院校非物理类专业本科生的一门选修课程,担当着补充讲解由于大学物理课时不够而删除的近代物理知识章节,帮助学生了解近代物理学的发展概貌,提高大学生的科学素养,并可启发有物理学习潜质的学生清晰自己未来的个人发展方向等任务.

近代物理专题课程通常以3个课时(50 min/课时)介绍一个专题,内容既要涉及物理理论,又要涉及实际应用.理论不能讲得太深奥,避免没有基础的学生如坠深渊,失去学习兴趣.最好能用简洁形象的语言接续学生已有的大学物理知识讲解,并结合一定的物理实例、史实讲解,才能吸引学生有兴趣听得下去.

以工科物理教学为例,文献[1]中的广义相对论、量子力学中的氢原子问题、电子的自旋/原子的电子壳层结构,以及最后两章内容(第十四章激光和固体的量子理论、第十五章原子核物理和粒子物理简介),在工科大学物理常规112学时内很难包含,而在近代物理专题中就可以作为一个个独立的专题进行理论简介,并结合丰富的图片、视频、实例应用进行展开.为强化理论学习的具象性,还可适当选择浅显易懂、计算量小的习题当作例题讲解,增强学生的认知深度.

2 学习注意力曲线

学生在听课的过程中,注意力是一个动态变化的过程.通常注意力曲线有如下特征^[2~4],如图1横轴代表上课时间,纵轴代表注意力集中程度.可见刚开始学生注意力高度集中,对课堂内容保持高度的期待;大约15 min后,注意力开始下滑,精神渐渐涣散;到下课前10 min又恢复精神,注意力开始回升.

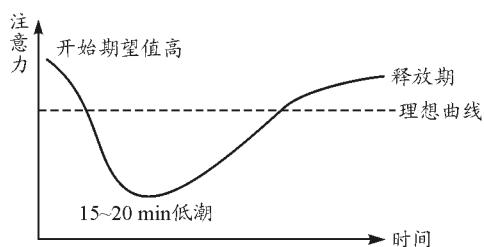


图1 学生课堂注意力曲线

在整个课堂教学中,教师如果采用风格一致的讲授方式,就会导致课堂中间阶段教学效率的低下.因此教师在整堂课教学过程中,必须注意有节奏地转换教学方式,尽量延长学生的兴奋时间,并在学生注意力涣散时唤醒学生,提高课堂效率^[2].

3 课堂设计案例

下面以合肥工业大学近代物理专题之一:固体物理基础与硅信息时代,结合线上教学资源,设计智慧课堂如表1所示.

* 合肥工业大学质量工程项目,项目编号:2021YJG004;安徽省高等学校省级教学质量与教学改革工程项目,项目编号:2019jyxm0055
作者简介:林辉(1973-),女,博士,副教授,研究方向为核技术医学应用.

表1 “固体物理基础与硅信息时代”课堂设计

时间 / min 课堂序数	0 ~ 15	16 ~ 25	26 ~ 45	46 ~ 50
第1堂课	发放提问1 固体物理基础知识1	历史之旅1	固体物理基础 知识2	回答提问1
第2堂课	发放提问2 电子能带理论1	历史之旅2	电子能带理论2	回答提问2
第3堂课	半导体理论	“硅时代”	发放提问3	放在线教学视频

第1堂课

前段 15 min, 在学生好奇心、注意力都比较集中的时间内, 先介绍固体物理基础知识 1, 内容包括: 固体物理的研究对象和研究方法、晶体的特点等.

中间 10 min, 学生注意力开始涣散期, 此时介绍历史之旅 1. 通过回顾相关的物理知识与诺贝尔奖故事, 提升学生的学习注意力, 例如回顾大学物理学过的“X射线的衍射”中的劳厄实验与布拉格公式, 及其获诺贝尔奖故事、采用倒格矢研究的意义等.

在学生注意力调动起来后, 接下来的 20 min 继续介绍固体物理基础 2, 例如包括倒格子空间、晶体的结合与晶格的振动等.

在下课前 5 min, 为检验学生的听课效果, 采用雨课堂回答如下问题:

- (1) 固体物理的研究对象?
- (2) 晶体的特点?
- (3) 倒格子处理晶体点阵结构的物理意义?

并将课堂上介绍过的这部分内容, 设置为多选题, 让同学们通过多选答案的不确定性进行逻辑思考判断后给出答案. 题目及答案设置如图 2 所示.

此外, 为有效节约课堂时间, 题目可以在开始讲课前就发放给学生, 让学生被问题“驱动”着听课, 这样每道题设置回答 30 s 即可.

多选题 10分

1. 固体物理的研究对象?
 - A. 固体结构
 - B. 粒子之间相互作用与运动规律
 - C. 晶体与非晶态
 - D. 固体的性能与用途

(a)

多选题 10分

2. 晶体的特点?
 - A. 长程有序
 - B. 自限性
 - C. 各向异性
 - D. 晶体结构的周期性

(b)

多选题 10分

3. 倒格子处理晶体点阵结构的物理意义?
 - A. 零维映射到二维
 - B. 简化了晶体点阵画法
 - C. 反方确定晶格的Miller指数
 - D. 与正格子存在映射关系

(c)

图2 固体物理基础雨课堂选择题设置

第2堂课

前段 15 min, 介绍电子能带理论 1, 内容包括电子共有化、自由电子气模型、薛定谔方程求解的困难等.

中间 10 min, 介绍历史之旅 2: 布洛赫博士论文故事与布洛赫模型.

后段 20 min 时间内, 讲解电子能带理论 2, 介绍能带的形成、能带的分类(满带、导带和禁带), 能带导电的原理, 以及由此而形成的导体、半导体和绝缘体等.

同样, 最后 5 min 可以接着回答雨课堂问题. 电子能带理论雨课堂选择题设置如下:

- (4) 什么是“近自由电子气模型”?
- (5) “能带理论”三个基本假设?
- (6) 满带和不满带都能产生电流吗?
- (7) 绝缘体不导电的原理?
- (8) 半导体的导电原理?
- (9) 能带理论的成功?

(10) 能带理论的局限?

并将课堂上介绍过的这部分内容设置为多选题

题目及答案,设置如图3所示.

多选题 10分

4. “近自由量子电子气模型”是?
- A. 晶体看作是电子和离子组成
- B. 考虑粒子(电子、原子、离子)向量子力学作用的模型
- C. 晶体中的电子是完全自由电子
- D. 晶体中的电子具有周期性电势

提交 []

(a)

多选题 10分

5. “能量理论”三个基本假设?
- A. 绝热近似...多体问题化为了多电子问题
- B. 周期场近似...单电子在周期性势场中运动
- C. 平均场近似...多电子问题转化为单电子问题
- D. 完全自由电子近似

提交 []

(b)

多选题 10分

6. 满带和不满带都能产生电流吗?
- A. 不满带不行,满带可以
- B. 满带、不满带都可以
- C. 满带、不满带都不可以
- D. 满带不行、不满带可以

提交 []

(c)

多选题 10分

7. 绝缘体不导电的原理?

- A. 能带都是满带
- B. 禁带太宽 (≥ 4 eV)
- C. 禁带太窄 (≤ 2 eV)
- D. 此处添加选项内容

提交 []

(d)

多选题 10分

8. 半导体的导电原理?

- A. 能带有不满带
- B. 禁带宽 (≥ 4.5 eV)
- C. 禁带窄 (≤ 2 eV)
- D. 电子由价带跃迁到导带

提交 []

(e)

多选题 10分

9. 能带理论的成功?

- A. 采用在严格周期势场中单电子近似模型
- B. 用能带是否填满来解释导体、半导体和绝缘体
- C. 预言能隙宽度依赖于原子间距
- D. 在高压下半导体Si、Xe可以转变成导体

提交 []

(f)

多选题 10分

10. 能带理论的局限?

- A. 忽略了电子之间的关联效应
- B. 忽略了电子-声子相互作用
- C. 忽略了无序系统中波的局域化
- D. 忽略了核子之间的关联效应

提交 []

(g)

(1) 多选题1~10答题规则: 每个小题有4个选项, 单击你选择的选项, 然后点击提交按钮即可.

(2) 全部答题完毕提交后页面会显示1~10题答案以及你的答题结果, 可自行判断正误, 得出成绩.

(h)

多选题答案:

1. A B C D ; 2. A B C D; 3. A C; 4. A B D;
5. A B C; 6. D; 7. B; 8. C D; 9. A B C D;
10. A B C

(i)

图3 电子能带理论雨课堂选择题设置

第3堂课

前段 15 min, 介绍半导体理论, 如本征半导体、杂质半导体(n, p 型半导体)、pn 结等.

中间 10 min, 为调动学生的学习注意力, 介绍“硅时代”——信息时代, 指出随着量子力学和相对论的发展, 人类社会已经悄然进入工业 4.0 时代; 介绍电子管、晶体管、集成电路的发展史等.

后 25 min 播放中国大学 MOOC 在线课程视频

专题：“半导体材料——e时代基础”^[5]，在播放之前提出问题，让学生带着问题思考、寻找答案。

硅时代雨课堂选择题设置如下：

- (1) 硅时代即是什么时代？
- (2) 第一个晶体管诞生在哪一年？
- (3) 第一个晶体管采用的半导体材料是下面哪种？
- (4) 微电子工艺的“超纯”要求 Si 和 Ge 单晶纯度达多少个 9？
- (5) 半导体材料 Si 来自于生活中的哪种物质？

敲响下课时，视频并没有播完，可让学生带着意犹未尽课后接着看。问题可通过雨课堂“上传试卷”功能发放给学生，课后自愿完成（不做要求，答题完毕，显示答案）。

单选题10分

1. 硅时代即是什么时代？
- A. 信息时代
- B. 蒸汽时代
- C. 电气时代
- D. 智能时代

提交 []

(a)

单选题10分

2. 第一个晶体管诞生在哪一年？
- A. 1946
- B. 1947
- C. 1943
- D. 此处添加选项内容

提交 []

(b)

单选题10分

3. 第一个晶体管采用的半导体材料是下面哪种？
- A. B
- B. Si
- C. Ge
- D. Te

提交 []

(c)

单选题10分

4. 微电子工艺的“超纯”要求 Si 和 Ge 单晶纯度达多少个 9？
- A. 6
- B. 9
- C. 11
- D. 12

提交 []

(d)

单选题10分

5. 半导体材料 Si 来自于生活中的哪种物质？
- A. 硅谷
- B. 沙子
- C. 石头
- D. 金刚石



高纯硅

提交 []

(e)

单选题答案：1. A；2. B；3. C；4. B；5. B

图4 硅时代雨课堂选择题设置

4 教学反思

在整个教学过程中，尽量遵循了注意力曲线规律设计教学内容，有节奏地转换教学方式，延长学生的兴奋时间，提高课堂效率。在教学方法上，采用了问题驱动式、智慧教学工具（雨课堂）、线上线下教学资源相结合的混合式教学方法，使得每个学生“被动”（例如必须现场提交问题答案）和“主动”（课后继续听线上课程专题，及回答生动有趣的科普问题）地参与到教学内容学习中去。

整个专题教学中采用了理论与应用相结合，既有深奥的理论（固体物理基础和能带理论），又有与我们生活息息相关的半导体应用（硅时代），满足了普通 211 院校本科生的知识需求。此外，为了让对物理学习有浓厚兴趣的学生得到更高层次的满足，我们也准备了程守洙等编著的《普通物理学》教材“第十四章 固体的量子理论”的课后习题，指导学生课后阅读，并配上参考答案以降低学习难度。从定性到定量满足学生不同层次的学习需求。此外，那些对近代物理学发展方方面面有浓厚兴趣的学生，我们推荐课外拓展阅读材料^[6~8]，以开阔学生的知识眼界。

作为一门专业选修的考查课，每次专题课我们都尽量使用雨课堂记录学生回答问题的效果，并以回答的记录作为期末成绩的评定参考（如随堂测验占 30%），也作为考勤的依据（如出勤率占 20%）。因为选修课一般人数都较多（约 200 人），每次点名不现实。智慧工具雨课堂的使用带来了很大的便利，学生回答问题的正确率可现场开奖，公布正确答案，有力地调动了学生参与的积极性，“亢奋”了精神状态。

此外，为避免给学生造成过大的学习压力，问题回答的正误我们只是作为期末成绩评定的部分参

考,并以粗线条划分档次.其实即使学生答错了,可能这个错误对学生大脑皮层的刺激更强劲,反而给学生留下更深的印象.作为直接授课内容的再学习,每位学生亲自参与回答问题,是一种很好的临场体验,也是学习的间接延续.

课堂提问在题目设置上,要针对每堂课所授的内容选题,答案也要尽量来自于直接讲授的内容.并通过问题答案的客观化、具体化而变成选择题.

提问的题目最好在授课之前就发放给学生,使学生被问题“驱动”着主动在教师所授内容中查找需要的答案.学生在选项提示下回答,可有效缩短答题时间(一般设定为30~60s),提高课堂效率.

5 结论

本文基于注意力曲线设计了近代物理专题之一——固体物理基础与硅信息时代的智慧课堂,在教学过程中使用了驱动式、被动式、主动式等教学法,采用了智慧工具和线上线下教学手段.经过多次课堂实践,得到同学们的肯定,取得了良好的教学效果.

作为一所隶属于国家教育部的211工科院校,我们对合肥工业大学本科生开设了近10年的近代物理专题教学,形成了一支经验丰富、知识全面的教学队伍.每一次专题尽量做到理论与应用结合,教与学动静结合,以及新型教学法和先进教学手段的主

动使用.调动了学生浓厚的学习兴趣.

致谢

感谢合肥工业大学何晓雄教授给我们近代物理专题课程的教学内容与安排奠定了坚实的基础.

参考文献

- 程守洙,江之永.普通物理学(第7版)[M].北京:高等教育出版社,2016.5
- 张子静,刘丽萍,赵远.疫情期间线上大学物理教学质量提高方法[J].大学物理,2021,40(2):55~58
- 王要沛,邱雅,肖新科.利用学生注意力曲线设置教学模式的研究与实践[J].福建电脑,2017,33(2):180~180
- 丁莹莹.谈注意力曲线与学习金字塔理论对课堂教学设计的启示[J].才智,2018(8):35~36
- 李芳菲.半导体材料——e时代基础[EB/OL].<https://www.icourse163.org/learn/JLU-1205797819?tid=1207046201#/learn/content?type=detail&id=1212360490&cid=1215673266>
- 张礼.近代物理学进展(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2009
- 宋友林,姚乾凯.近代物理专题[M].郑州:郑州大学出版社,2010
- 王正行.近代物理学(第2版)[M].北京:北京大学出版社,2010

Design on Wisdom Classroom of Special Topics in Modern Physics Based On Attention Curve

Lin Hui Meng Damin Liu Chengyue

Chen Bing Yang Yuanjun Jing Jia Tang Qiong

(School of Physics, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009)

Abstract: As a continuation course of University Physics, the course of Special Topics in Modern Physics is responsible for helping students understand the development of modern physics and improving their scientific literacy. In this paper, we take the solid-state physics foundation and silicon information age as an example, combined with the characteristics of attention curve, using hybrid teaching methods and means, combining theory and application, to design the intelligent classroom of solid-state physics foundation and silicon material application. After many times of teaching practice, good teaching effect has been achieved.

Key words: attention curve; wisdom classroom; cultivation of scientific literacy; hybrid teaching methods; online and offline