

在大学物理课程中融入物理学史材料的构想

杨力维

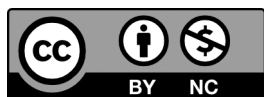
东北大学理学院，沈阳

摘要 | 介绍了如何选取、组织物理学史材料，并将之渗透在大学物理教育当中的一种应用方法。

关键词 | 物理学史；大学物理；教学方法

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

我们不应该为了引进物理学史而引进物理学史，我们引进物理学史的目的，根本上在于促进大学物理课程的学习。在这样的考虑下，我们尝试着做出这样的选取方式：一共选取了 3 种物理学史的材料。1) 第一种材料：物理学人物谱。其中有牛顿(力学)、玻尔兹曼(热学)、麦克斯韦(电磁学)、托马斯·杨(光学)、爱因斯坦(相对论)、薛定谔(量子力学)等。用这个简单的人物谱，我们试图使其构成一个大学物理教学内容的基本线索。使其基本上覆盖到大学物理的全部知识体系。以典型的人物来标记物理学史，从而让学生得以了解物理学的基本面貌，这是我们试图让第一种材料达到的目的。2) 上述的人物谱系，在基

本廓清物理学基本面貌的同时,又为我们选取下一种材料埋下了伏笔。因为每一个人物都站在巨人的肩膀上,下一步,挖掘每一个人身后的巨人,就是我们选取第二种材料的思路。在论及物理学史上的人物时,MIT的弗伦奇教授曾说:

“……我认为这有点像音乐史。我们可以借助于相对而言很少的几个人名将它勾画出来,例如巴赫、汉德耳、海顿、莫扎特、贝多芬、舒伯特等等,但在这样做的时候,我们是置数以百计的音乐家在此门学科的发展中所起的作用于不顾”。事实的确如此。要让学生明白,物理学并非只是几个我们耳熟能详的大人物,而是全人类所创造,的确不是一件容易的事。

但是将物理学史引入大学物理的价值,或许就在此。所以第二种材料的选取,的确要更为关键。于是,我们这样进行第二类材料的选取:牛顿身后的巨人:亚里士多德、伽利略、笛卡儿、第谷、开普勒等。玻尔兹曼身后的巨人:赫姆霍兹、焦耳、卡诺、克拉珀龙、汤姆孙、克劳修斯、麦克斯韦、吉布斯等。麦克斯韦身后的巨人:富兰克林、库仑、泊松、奥斯特、法拉第、安培、欧姆、亨利等。托马斯·杨身后的巨人:开普勒、笛卡儿、牛顿、胡克、惠更斯等。爱因斯坦身后的巨人:麦克斯韦、赫兹、洛伦兹、彭加勒等。薛定谔所关联的一群巨人:普朗克、爱因斯坦、玻尔、索末菲、康普顿、泡利、德布罗意、海森伯、玻恩、狄拉克等。比如以牛顿为例,我们会让学生大致了解的第一个事实是:物理学过去、现在、将来,一直都是一种在继承和发展当中成长的不断证伪、不断纠错的学科。我们知道力学的研究,最早始于亚里士多德。

但是亚里士多德的力学研究,仅仅停留在思辨的层面,所以他所断言的力是维持运动的原因这一说法,还有待去进一步检验。于是就有了后来伽利略对亚里士多德的质疑。而且伽利略的质疑方法,开创了物理学史上的新局面:以量化的实验去检验思辨的结果。那么在伽利略之后,新天文学的兴起,尤其是第谷和开普勒的精确的数据观测和精确的数学运算的经典结合,再一次为牛顿统一天上和地上的力学奠定了必要的基础。所以这样一个材料,从亚里士多德到伽利略,中间还穿插有天文学的因素,再到牛顿,就会让物理学在继承和发展当中不断证伪不断纠错的特性得以清晰的显现。第二个事实:物理学的发展,是各种社会因素所形成的合力所推动的结果。上一个事实中,已经提到了第谷

和开普勒在天文学上的研究，为牛顿的力学研究所贡献的力量。那么这里我们就会自然的提到，为什么在力学的发展当中，天文学还能扮演这样重要的角色。原因很简单：因为17世纪，资本主义生产方式才开始兴起，海外贸易和对外扩张刺激了航海业的发展，而航海业的发展便对天文学的系统观测提出了更高的要求，这才有了第谷的事业。而在第谷之后，开普勒又因为对于哥白尼日心说的推崇，才导致了他之后对于第谷数据的计算，从而得出了开普勒三定律。而以现在的眼光看，开普勒三定律这种唯象的理论，几乎就是牛顿得以了解天上的力学的唯一途径。

从以上内容，让学生得以了解物理学并非是象牙塔中的空想，而是来源于生产生活的实践，以及各种社会因素的集成，将可能最有说服力。第三个事实：物理学的方法，是隐藏在物理学知识背后的，甚至比物理学知识还要重要的事物。在经过以上内容的铺陈，到此为止，我们是不是可以得出一个基本的结论：伽利略和牛顿的功绩，就是把科学思维和实验研究紧密结合到了一起，为力学发展找到了一条正确的道路。实际上，这种产生于力学的科学研究方法，也将成为物理学其他学科中一种行之有效的方法。而经过这样的描述，我们现在可能会明白，原来我们第二种材料的选取，其实是第一种材料的推进。³⁾而我们要选取的第三种材料，目的是让学生意识到，物理学是全人类的创造。是对第二种材料的再次推进。所以第三种材料，必将是一个更为具有丰富血肉和细节的故事。我们最终选取的材料是玻尔氢原子能级公式的由来。关于这个材料的选取，我们要感谢北京大学田光善教授的一篇论文中关于这段史料的描述。我们在这里，以田光善教授的材料为基础，重新组织撰写了这一段玻尔氢原子能级公式的史料。1911年，卢瑟福为了解释大角度的 α 粒子的散射实验，提出了原子的核式结构模型。但是根据经典的电动力学，一个带电粒子做加速运动，便会不断的向外辐射电磁波，从而不断的损失能量，最终会落入原子核里面去，这就产生了以之去解释氢原子时，出现了氢原子的稳定性问题（氢原子是非常稳定的）。与此同时，也是1911年，玻尔博士毕业，博士论文是关于金属中的电子运动问题，他先去剑桥找汤姆孙，但是汤姆孙在2个月的时间内尚未来得及看玻尔的博士论文。

而这时，卢瑟福到剑桥作报告，玻尔知道了他的原子核式结构模型，很感兴趣，于是在1912年4月，到卢瑟福处工作，任务就是解决氢原子的稳定性问题。4个月之后，玻尔取得进展。做出了两条核心的假设：第一、定态假设；第二、跃迁假设。而这个结果，未完全得到卢瑟福的赞同。这时候玻尔因为要结婚，拒绝了卢瑟福挽留他在英国继续工作一年的机会而回到丹麦。而在回国之后，玻尔遇到了他的大学同学，光谱学家汉森。汉森知道玻尔在研究氢原子，所以希望玻尔能够尝试着去解释一下氢原子光谱的巴尔末公式（提出于1885年）。实质上，当玻尔最终看到巴尔末公式之后，立刻恍然大悟：因为从他先前对于氢原子能级的计算公式，就可以推导出巴尔末公式。

而这时，玻尔再次把研究的结果寄给卢瑟福，终于得到了卢瑟福的赞同。这基本上就是玻尔氢原子能级公式的来历。以上一段，就是我们选取的第三种材料。需要补充一下的是，这段材料，完全是依靠对于量子力学史料的挖掘而得到。亦即这段史料，完全和现行的教科书上关于氢原子模型建立过程的叙述大有不同。按照现行的教材，在氢原子模型之前，先提出普朗克的黑体辐射，爱因斯坦的光电效应，之后提出玻尔的氢原子模型，似乎氢原子模型的产生，就是依靠这么一条逻辑分明的线索而自然而然的诞生，或者说，整个物理学的进步，真象是一场众多科学家之间计划周密的预谋。但是事实上，这段材料中的许多细节，完全拆穿了这个假象。因为如果不是汤姆孙没来得及看玻尔的博士论文以及卢瑟福到剑桥做原子核式结构模型的讲座，玻尔就可能不会去投奔卢瑟福，研究氢原子的稳定性问题。而如果不是玻尔因为要结婚而回到丹麦，他就不可能遇到光谱学家汉森，看到氢原子的巴尔末公式。而实际上，1885年提出巴尔末公式的巴尔末，并不是物理学家，也不是数学家，仅仅就是一个对于数字很敏感的中学数学老师。他以氢原子的光谱为基础，花费了几个月的时间找出其规律，将之写成一个公式的时候，也完全未曾想到在27年后，会促成玻尔氢原子模型的创立。

我们之前说我们第三种材料的选取的目的，就是为了说明物理学乃是全人类的创造。而从玻尔氢原子模型的建立，我们不难发现汤姆孙、卢瑟福、汉森、巴尔末，乃至玻尔的未婚妻等人，均在各种程度上，机缘巧合地推动了玻尔氢

原子模型的产生。物理学史能够在教学的过程中,通过挖掘史料中的细节,将教科书中看起来有预谋的自然而然的科学发现,以最真实最朴素的面貌出现,这或许也是物理学史对于物理教学的最大贡献。到此为止,我们已经得到了我们要在大学物理教学中所引入的物理学史的3种材料。

2 物理学史材料的组织

材料的选取完备后,如何去组织这些材料,使之成为大学物理教学的一部分,而且并不突兀,就成了组织的问题。我们对此所采取的组织方法是:第一种材料,将之展开成为一个2学时的授课内容。在大学物理开课前,以之来作为大学物理的绪论课,用其为话题,向学生讲述物理学的基本构成。大学物理的绪论课,在现行的教材当中,常见的编写方式基本上有这样两种:其一、简要的讲物理学的定义、研究对象、研究方法,以及其重要性;其二、以前一种结构为依据,稍微的扩充,略微仔细地提出微观、宏观、宇观,4种基本作用,定量研究的方法等概念。而在实际的授课中,功力深厚的教师,可能会就这些话题,将绪论课讲得有声有色,起到相应的教学效果,但是大多数的教师所面对的现实问题依然是:无法驾驭物理学的定义和重要性这样抽象的话题!所以实际的情形,大学物理的绪论课,往往是吹牛课。上课的要求、作业的要求等细小的话题,往往会充斥绪论课的大部分时间。但是如果我们用“科学人物谱”这样的材料来讲绪论课,其最大的优点则在于:1)可以用具体的材料说明物理学的定义、研究对象、研究方法和重要性,降低了因教师修养不够而存在的讲课的风险性(我们无法要求每一个大学物理教师的物理修养均达到费曼的水准,所以强调方法的意义正在于用方法来尽量地让教学过程具体化、规范化);2)可以让大学物理的整体框架得以清晰的显现。第二种材料,实际上分别是力学史、热学史、光学史、电磁学史、近代物理学史。我们将力学史、热学史合成一个2学时的授课内容,作为力、热两章复习小结的线索。将光学史、电磁学史、近代物理学史合成为一个2学时的授课内容,作为光学、电磁学、近代物理学这三章复习小结的材料。

正如我们前面所讲,学生学习完力学,了解到牛顿,以及亚里士多德、伽利

略、笛卡儿、第谷、开普勒等牛顿身后的巨人，那么将力学史拿出来，作为力学部分的小结的主要目的，就是希望能够有一个机会，让学生去了解力学发展的整体脉络和过程，以及物理学发展的一般规律。不要迷失在细节里，不要迷失在具体的公式里，是我们常对学生反复叮咛的话语。某种意义上，这样的教导具有如下几层含义：1）学习之始，要先从具体的问题开始（将书从薄往厚里读）；2）学习之终，要从具体的问题里跳出来，站到高处、远处，回望具体的问题之间的关联（将书从厚往薄里读）。而正是基于这样的思路，使力学史、热学史、光学史、电磁学史、近代物理学史成为我们的第二种材料，以各部分内容的小结的形式进入大学物理的教学，或者恰恰能让学生在具体的知识和知识的联系之间有充足审视的空间。而第三种材料，我们将之展开为一个2学时的授课内容，作为课程结束后，期末考试前的最后一次物理学史课。第一种物理学史材料是绪论课，用以介绍大学物理的基本框架。第二种材料是力学史、热学史、光学史、电磁学史、近代物理学史，用以让学生审视各个专门学科内知识的发展和演化过程。那么第三种材料，恰如前面所述，无论是玻尔氢原子模型的创立过程，还是斯特恩—盖拉赫实验的仔细追究，总之一一个原则是：必须是授课教师事先做了大量调研，进行了仔细研究的关于某一个重要理论或者重要实验的典型物理学史案例的分析！

这时候，这种材料再次让我们回到无比具体的公式、实验装置、实验结果的分析，以及整个事件的历史，会让具体而真实的历史过程得以被学生深刻了解，才会让我们无数次呼吁、无数次倡导的“以物理学史促进大学物理教学”这样的概念有望落到实处。按这样的组织方式，我们在大学物理的教学当中，总共安排了8学时的物理学史材料的学习，占大学物理课程72学时的11%。对于这样的组织方式，我们认为其有这样几点好处：1）物理学史和大学物理之间的比例比较恰当，既能体现物理学史对大学物理的促进作用，又不会冲淡大学物理本身的教学计划；2）因为有前期材料选取上的预先考虑，所以后期的组织，完全能够达到让物理学史最大化的融入大学物理教学的目的，起到互相促进，互相渗透的功能；3）这种组织方式操作性极强，且容易规范化。这就完全和即兴的在大学物理课堂上，根据教师自己的喜好和兴趣，随意地谈一些物理学史的闲话，类似于点缀性穿插性的史料的抖落要先进许多；4）因为在课程开设之前，就在物理学史材料的

选取和组织上进行了高度自觉的周密安排,这就使得我们所引入的物理学史的材料,更加贴近和符合真正科学意义上的物理学史研究,而不是一些零碎的物理学史的片段,或者是不可靠的、已经被过滤的、不严谨的物理学史。

3 物理学史材料在大学物理教育中的应用方法

关于物理学史在大学物理教学中应用方法,大多现行的做法,大体可分为3类。一类是物理学史后行于大学物理教学。对于物理学专业的学生而言,这是一种常用的做法,而且也是一种恰当的办法。一类是专门设置物理学史选修课的做法。这类做法,由郭奕玲先生最先在清华大学展开。一类是设置物理学史的专题讲座,但是并不与大学物理课程并行。在这3类做法当中,我们认为,第一类,并不适合于理工科非物理专业的学生,因为在实际的课时安排上,不可能去专门设置物理学史这样一门课程。第二类做法,毋庸置疑,如果能开展,功莫大焉,但是实际的环境下,开设一门物理学史的选修课,往往需要专门的人力物力去做一件和硬知识并不切合相关的事情,可能在很多学校,并不一定会得到学校的支持。第三类设置物理学史的专题讲座,但是并不和大学物理的教学并行,就显得有点形式大于内容,失去很多功效。所以在这样的考虑下,我们认为对于理工科非物理专业的学生而言,我们现在所提出的这种应用方法,即划分出单独的8个学时,在进行了周密的物理学史的材料选取和组织之后,和大学物理教学同期展开的尝试,或者会对大学物理的教学起到积极的作用,并且又能使得物理学史这样一种具有丰富教育功能的学科在这样一种平台下,发挥其应有的作用,应该是一举两得,且非常具有意义的一件事情。

另外要说的是,这样的一种应用方法,其灵活性在于:不同的教师,可以根据个人的特点,以不同的方法去选取、组织和介绍材料,但是在具体材料的选取上,却依然拥有很大的个体差异。这就使得这种应用方法既具有极强的可操作性,又具有基于教师本人特点的极大的可扩展性(我们所倡导的方法,实际上也是一种将物理学史引入大学物理教学的一种课程模块设计。根据教师的物理修养、科研兴趣、专业特点,此种模块中的具体内容,其实可以自由地填充)。小结在大学物理有限的课时当中,严密而有效的引入物理学史的材料,以促进大学物理教学

为目的,我们提出了前瞻性并高度自觉地选取物理学史材料,使之以8个学时的教学量衔接性非常好的渗透到大学物理的教学当中,让大学物理的教学和物理学史材料的融入并行的这样一种教学方法。这方法的优越性在于更为体系化,操作性强、容易规范化、且让大学物理的硬知识和物理学史的软知识的交互作用最大化,以便促成将物理学史引入大学物理教育的实践方法的成形。

参考文献

- [1] 郭奕玲,沈慧君.在理工科大学如何开设“物理学史”选修课[J].大学物理,1989,8(4):25-27.
- [2] 郭奕玲.通过物理学史选修课教书育人的体会[J].大学物理,1995,14(3):37-40.
- [3] 申先甲,李艳平,刘树勇,等.谈谈物理学史在素质教育中的作用[J].大学物理,2000,19(11):36-40.
- [4] 赵凯华.挖掘与开拓——关于在物理教学中引入物理学史的几点看法[J].物理,1991,10(3):243.

The Conception of Integrating Physics History Materials into College Physics Courses

Yang Liwei

School of Science, Northeastern University, Shenyang

Abstract: This paper introduces how to select and organize the material of physics history, and how to apply it in university physics education.

Key words: History of physics; College Physics; The teaching method