

高校理科教师应如何“传道”？

——来自于杨振宁先生的启示

徐公杰 蔡斌 张玲

(上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要 基于著名物理学家杨振宁先生的文章, 针对高校理科教师的三大任务, 即传道、授业、解惑中的首要任务——传道进行论述。首先厘清了理科背景中“道”的内涵, 然后说明了在教学过程中应该如何传道, 最后阐明发现(或创造)道的准则——眼光、坚持与力量。杨振宁先生文章中的以上启示能够为高校理科教师的教学工作带来有益促进。

关键词 杨振宁; 传道; 高校理科教学

DOI: 10.27024/j.wlygc.2025.10.23.01

HOW TO IMPART THE DAO FOR SCIENCE TEACHERS IN UNIVERSITIES?

—INSPIRATION FROM MASTER YANG CHEN-NING

XU Gongjie CAI Bin ZHANG Ling

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093)

Abstract Drawing on the writings of the renowned physicist Yang Chen-Ning, this paper focuses on what it regards as the primary mission among the three traditional responsibilities of university teachers—imparting the Dao, teaching professional knowledge, and resolving students' doubts. It first clarifies the connotation of “Dao” in the context of science education, then discusses how the Dao may be conveyed in the teaching process, and finally expounds the essential criteria for discovering or creating the Dao, namely perception, persistence, and intellectual strength. The insights drawn from Yang Chen-Ning's writings may provide meaningful guidance for science teachers in universities.

Key words Yang Chen-Ning; imparting the Dao; college science teaching

韩愈说:“师者,所以传道授业解惑也”。因此,教师有三大任务:传道、授业和解惑。对授业和解惑这两点,没有什么疑问:无论是文科和理工科,“业”都是指自己的专业(或业务),传业就是把业务传承下去;惑是指疑惑(或疑问),解惑就是解答学生学习过程中遇到的问题。而日常教学工作中要完成的主要任务也是以上这两项。至于第一

项——传道,则很少涉及,原因有以下几点:首先,“道”是什么,老子说“道可道,非常道;名可名,非常名。”道都不可说了,还怎么传?以前佛家讲参禅,道家说悟道,“只可意会,不可言传”,以“文不尽言,言不尽意”为由为自己搪塞。其次,教学者自身水平所限或者没有考虑过这个问题。他们可以把业务讲得清晰明确(“授业”),但是没有抓住

收稿日期: 2025-10-23; 修回日期: 2026-03-01; 出版日期: 2026-05-20

通信作者: 徐公杰, gjxu@usst.edu.cn.

引文格式: 徐公杰, 蔡斌, 张玲. 高校理科教师应如何“传道”? ——来自于杨振宁先生的启示[J]. 物理与工程, 2026, 36(3): 92-96.

Cite this article: XU G J, CAI B, ZHANG L. How to impart the Dao for science teachers in universities? —Inspiration from Master Yang Chen-Ning[J]. Physics and Engineering, 2026, 36(3): 92-96. (in Chinese)

自己所授科目的核心或规律,讲起来也都是“涣散”的,没有“聚神”。最后,如何平衡论道与务实。有人说“形而上者谓之道,形而下者谓之器”,假如强调“坐而论道”,又会陷入不务实或者叫“形而上学”的境地。针对“传道”的疑惑,不妨从杨振宁先生的文章里得到些启示。杨振宁先生是国际著名的物理学家,其重大学术成就包括:(1) Yang-Mills 方程,成为后来弱电统一和标准模型建立的基础;(2) 弱相互作用不守恒,使他与李政道先生共享 1957 年诺贝尔物理学奖;(3) Yang-Baxter 方程,则在物理中开辟了统计与共形场论,并在数学中拓展了拓扑和算子理论的新方向。^[1-2] 本文主要根据杨先生的两本书《曙光集》^[3] 和《晨曦集》^[4] 所收录的作品,引发出对于高校理工科教学过程中“传道”的思考。

1 “道”是什么

一般认为道就是规律,文史哲有自己的规律,数理化也有自己规律。假如是这样的话,理工科专业课里科学(science)部分或者真理(truth)是描述客观世界中的规律,那它们是不是就直接是“道”了呢? 这样子的话,教师给学生讲解专业课就是传统意义上的“传道”了吗? 本文并不这么认为,至少是不完整的。自然科学里的真理都是阶段性的真理,也就不符合“常道”的标准。本文认为:自然科学的“道”是一套可持续发展的方法,它遵循着总结现象—得出规律—怀疑批判—自我革新的轮回。也就是规律的产生与怀疑批判是至关重要的。

虽然杨先生作品里并没有直接阐述“道是什么”,但其在《〈易经〉对中华文化的影响》^[5] 里有了些思考,得出的其中一个结论:中国传统文化里“天人合一”和“观物取象”是最受推崇的。自然科学里不把人为因素刨除,是会产生现代科学(或希腊科学)的。在西方,虽然哥白尼的日心说不是最终真理,爱因斯坦在《纪念哥白尼逝世 410 周年上的讲话》^[6] 提到的摆脱以人为中心的理念与独立思考精神是最可贵的。虽然战国时荀子也有“天行有常,不为尧存,不为桀亡”的提法,但被后世的儒家入世精神所主导。“天人合一”里不把人排除就无法获得现在科学之“真”。同样地,传统文化(诗与画)里审美讲究的“观物取象”里强调的“象”,也是失掉了科学倚重的“真”。

杨先生在《近代科学进入中国的回顾与前瞻》^[7] 中也曾试图探寻李约瑟之问“为什么现代科学没有产生在中国?”的答案,部分由于科学之“真”是“形而下”的“器”的层面,甚至明末清初以及洋务运动都在强调“西学中源”的姿态,看不上西方的“奇技淫巧”。其实,当时看到的相当多的都是技术,而没有看到科学。现代科学里演绎法最具代表性的古希腊时期的欧几里得几何,这部人类文明瑰宝被国人关注却历尽千辛,前半部分是明末徐光启与传道士利玛窦合译的《几何原本》,而后半部分则是由清朝李善兰和钱伟亚力合译完成,中间竟然间隔了二百五十年。可见当时人们没有求真之心,只有功利之需。这也难怪美国物理学家亨利·罗兰 1883 年在《为纯科学呼吁》(A Plea for Pure Science)中说到“假如我们停止科学的进步而只留意科学的应用,我们很快就会退化中国人那样,多少代人以来他们(在科学上)都没有什么进步,因为他们只满足于科学的应用,却从来没有追问过他们所做事情中的原理,这些原理就构成了纯科学。中国人知道火药的应用已经若干世纪,如果他们正确的方法探索其特殊应用的原理,他们就会在获得众多应用的同时发展出化学,甚至物理学。因为只满足于火药能爆炸的事实,而没有寻根问底,中国人已经远远落后于世界的进步……”^[8]。我国物理学界先驱吴大猷先生也曾对此进行过探讨,认为中国文化本质上是“人本文化”,所以都围绕着人展开,不重视思辨、逻辑与抽象^[9]。自然科学里求真的探索精神是中国传统里所忽略的,却是自然科学里的“道”最重要的属性。

2 如何传“道”

既然道是一套方法,那么如何传道呢? 其实,到了大三、大四阶段的专业课,大学生有了基础课(如理工科有了高等数学和普通物理等)的加持,是完全可以自学的,那教师在教学过程中的角色是什么呢? 本文认为应该是“启发者”的角色(源于 The mediocre teacher tells. The good teacher explains. The superior teacher demonstrates. The great teacher inspires. —William Arthur Ward),或者称为“导游”。教学过程中应该讲解的内容包括:这个课程要回答的问题是什么? 这个问题是如何一步步解决的? 关键点在什么地方? 某个模

型或理论能够解决哪些,而后又遇到哪些问题?目前使用的大部分教材都是根据逻辑需要重新编排的,这样逻辑性强,但读者并不清楚知识如何发展的具体细节。也就是依据自然科学之道的那套方法并没有传授给到学生,这对于他们今后做研发是非常不利的。相当多理工科课程(非数学系)上课教师的讲解围绕数学推导进行,而忽略了课程本质,学生可能认为,这又不是数学课,严格推导并没有那么重要,重要的是这个结论的物理图像阐释与应用。把学生假定为当事人的第一视角,采用问题驱动(或者好奇心驱动)的方式,假如他直接面对某个重大科学问题时是如何反应的,大部分人都做不到像那些科学巨匠那样解决问题,但是可以领略到“巨人肩膀”上的无限风光。

杨先生有篇文章《美与物理学》^[10],总结了物理内涵的认识层次,分为(1)实验;(2)唯象理论;(3)理论架构;(4)数学。并且用两个例子进行了说明,一个是行星运动规律:首先是第谷进行了行星轨迹观察记录,对应于(1)实验;随后,开普勒对这些数据进行整理,得到开普勒三定律,这对应于(2)唯象理论;然后,牛顿对开普勒定律用几何手段进行了严格证明,得到万有引力定律,这对应着(3)理论架构;最后,牛顿发展了微积分,对应于(4)数学层面。另一个例子是霓和虹:雨后双彩虹对应于(1);虹表现为 42° 的弧,红外紫外,而霓表现为 50° 的弧,红内紫外,这个规律对应于(2);更深层次的解释要麦克斯韦方程来说明了,也就是(3);麦氏方程背后对应的数学是纤维丛理论,即(4)。每个层次有各自的美妙之处。这个分类笔者看到后可谓是醍醐灌顶,清晰又明确,对知识有了新的认知。相信这种层面的内容教授给学生后,肯定能够唤起学习兴趣,也能让他们对学科与课程有更深刻的认识。另外,针对国内物理系传统的“四大力学”的提法,杨先生也有自己的看法:物理学不是僵硬骨干的,它是“有血有肉”的。

科学上的重大突破是跳跃性、超逻辑的,它不能从已知共识中演绎出来。这种时候“案例分析”(case study)式学习法是值得推崇的。例如,量子力学里的薛定谔方程是如何建立的?一般教科书都是不讲的,一般波动方程里都是波函数对时间的二次导数等于波速的平方乘以波函数的空间坐标二阶导数。而自由电子的薛定谔方程的形式显然是波函数对时间的一阶导还乘以虚数 i 再等于波函数位置的二阶导^[11]。这种从猜测到整理出

结果,再应用并验证的过程正是自然科学中的“道”。关于这个问题,杨先生的文章《负一的平方根、复相位与薛定谔》^[12]给出了整个过程:文章开始时狄拉克对相位给予了高度评价,然后虚数是怎样一步步引入到薛定谔方程里的,随后韦尔规范场论里引入虚数 i 后的成功,最后1975年杨先生同吴大峻做的一张表,将规范场论同纤维丛理论结合起来^[13]。类似的回顾还包括《麦克斯韦方程和规范场论的观念起源》^[14],其中对于麦克斯韦根据法拉第的场的概念,做了一个机械模型“猜测”,建立电磁场理论,再到后面规范场论。整个文章读起来既生动有趣,又能引发思考。

传道成功与否的判断依据是什么呢?本文认为,应当是受教者能够发现(或者叫创造)“道”。那么,这就要求传道过程中,应当把如何发现(创造)道的法门(或者叫准则)适时地传达到受教者。

3 如何发现(创造)“道”

严复曾说过:中国学人崇博雅,“夸多识”;西方学人重见解,“尚新知”。现代科学发展其实是在将整个人类对世界的认知进行拓展,因此主要任务是获得(或者叫创造)新知。转换到此处的语言,传道的结果就是如何发现或创造“道”。这里其实是两个层面,一个是教师自己如何发现“道”,另一个是启发学生发现“道”。其实,自然科学里重大的发现都不是严格逻辑推导得出的,普朗克得到量子化是面对确切的实验结果,“错误”地采用玻尔兹曼统计,“凑”出了正确答案;爱因斯坦“光子”假说,正确解释了光电效应、斯托克斯规则和气体的光致电离,并预测了密里根花了十年时间验证的内容;薛定谔建立波函数时,一开始波函数代表的是熵,而非玻恩给出的几率波幅;包括杨先生本人1954年提出Yang-Mills理论时,关于质量也没有很好的解释,还遭到号称“物理学的良心”的泡利的“炮轰”,类似的例子还有很多。也就是要明确自己学科或课程的发展规律或者叫科学范式(也就是俗称的“套路”)是什么样的,核心词是什么,越简洁越正确。杨先生曾经在《几位物理学家的故事》^[15]中总结为三个P: perception, persistence, power,即眼光、坚持、力量,现分别予以阐述。

一是要有眼光(perception),形成自己的“品味”(taste)。这里的品味主要指的是欣赏与评价层面。任何人接受一个事物或观点时,都是它在

这个人的认知体系的投影。参考教材可以选择风格完全不同的(也就是多个投影),以此来重构较完整体系。有了认知体系,也就对人或问题有了自己的判断(comment)。杨先生在不止一篇文章里提到这点,例如《几位物理学家的故事》^[15]《他永远脚踏实地》^[16]《沃纳海森堡》^[17]《美与物理学》^[10]等,他采用中国传统文艺评论的方式对几位物理“大咖”进行了评述:泡利——威力(power);费米——稳健、有力(solidity, strength);海森堡——深刻的洞察力(deep insight);狄拉克——笛卡尔式的纯粹(Cartesian purity),后又有“秋水文章不染尘”的评价。这些都是建立在深厚的认知基础之上的,中间还有比如费米最重要的贡献等的讨论^[16]。个人形成自己的判断依据与标准,那么针对一些疑问就可以进行查阅、讨论、验证、研究等。这一点也可对应到杨先生所说的三大素质之一——眼光(perception)。有了这种眼光,才能发现重要的问题和核心观念。就像玻色的文章寄给爱因斯坦,爱因斯坦立刻看出了其中最重要的概念——全同性,才有了所谓的玻色—爱因斯坦统计。在教学过程中,教师习惯于给学生更多的答案(key),而非问题,最后学生手握大把“钥匙”,面对一个“锁头”(问题)却不知所措。而缺乏选择方向的强烈意识和判断方向的能力,是目前培养的学生一个致命缺点。眼光或品味的培养,正是能够解决这一问题的关键。

二是有毅力,能坚持(persistence)。其实,虽然杨先生后来成绩卓著,但是其开端异常不顺。在《杨振宁自述:我的学习与研究经历》^[18]及《越来越觉得个人的生命在整个宇宙是一个非常渺小的事情》^[19]中,杨先生提到1947年选择了四个题目:“(1)1944年 Onsager 的关于 Ising Model 的文章;(2)1931年 Bethe 的关于 Spin Wave 的文章;(3)1941年 Pauli 的关于场论的综合报告;(4)1943年以后,许多关于角分布的文章。”当时只解决了第(4)个并发表文章,据此获得了博士学位。其他三个虽然没有解决,但也对其中的疑惑留下了印象,在随后的岁月里与人交流或合作,都开花结果,做出杰出的工作。其中,(1)在1949—1950年间与 Luttinger 交流获得启发,找到突破口,得到解决;(2)在1963年后与吴大峻、杨振平合作,做出出色的工作;(3)1953—1954年间与 Mills 合作得到规范场论(非阿贝尔场)奠基性工作^[18]。除了自己,他还提到了爱因斯坦在1908年

开始推广相对论的想法,一直坚持到1915—1916年间才完成。这种坚持不懈的优秀品质是任何工作或领域都需要的,在这个层面上,也符合思政教育要求。

三是专业范围内积累达到一定的“力量”(power)。这里的积累并不是所有知识,只需要基本的(但要涵盖精髓)即可。对此温伯格曾经也说过“没人知道所有事”(No one knows everything),他也是本科毕业直接冲到研究最前沿,陆续做出突出工作^[20]。杨先生还提到了:“知识的积累并不是目的,大学教育的目的,是训练有独立思考能力的年轻人。独立思考需要有一定的知识,但不能本末倒置,知识要有利于创造。”^[21]杨先生上一辈最有力量(power)的应该就是泡利了,虽然也做出了很多突出贡献,但在其晚年曾自评“我在年轻时,觉得我是一个革命者。我当时觉得,物理里有重大的难题来的时候,我会解决这些难题的。后来,重大的问题来了,却都被别人解决了。回想起来,我那时是那么愚蠢”^[15]。矩阵力学、波动力学、自旋、规范场论、相对论量子力学等一系列工作,都不是他首创。他的基础是如此得“牢不可破”,创造性受到了影响。对于创造性来说,这个力量(power)要符合中庸之道——适度,不影响提炼问题的前提下,又能在此基础上发展或革新。其实,有关数学对于物理的作用,徐一鸿教授在其新书《Top Ten Ideas of Physics: Foundations for Understanding the Universe》也有类似观点。^[22]

杨先生还提到了物理界前辈王竹溪先生总结的规律:兴趣→准备工作→突破口。^[16]其中的兴趣对应的是杨先生提到的眼光的养成;准备工作对应的是基础的积累,就是坚持;突破口,对应的是长期坚持下受到启发而实现的。

4 结语

针对高校理科教师三大任务中传道、授业、解惑的首要任务,本文从著名物理学家杨振宁先生的文章获得些许启发,首先阐明了理科背景中“道”的内涵,然后说明了在教学过程中如何启发式传道,最后介绍了如何发现(创造)道的准则——眼光、坚持和力量。杨振宁先生文章中的以上启示能够为高校理科教师的教学工作带来有益促进。

参 考 文 献

- [1] 施郁. 物理学之美: 杨振宁的 13 项重要科学贡献[J]. 物理, 2014, 43(1): 57-62.
SHI Y. Beauty and physics: 13 important contributions of Chen Ning Yang[J]. Physics, 2014, 43(1): 57-62. (in Chinese)
- [2] 葛墨林. 杨振宁先生的物理成就[J]. 物理, 2021, 59(9): 598-609.
GE M L. Master Yang Chen-Ning's achievements in physics [J]. Physics, 2021, 59(9): 598-609. (in Chinese)
- [3] 杨振宁. 曙光集[M]. 翁帆, 编译. 十年增订版. 北京: 生活·读书·新知 三联书店, 2018.
YANG C N. Dawn Collection[M]. WENG F, comp and trans. 10th Anniversary Revised Edition. Beijing: SDX Joint Publishing Company, 2018. (in Chinese)
- [4] 杨振宁. 晨曦集[M]. 翁帆, 编著. 北京: 商务印书馆, 2018.
YANG C N. Morning Light Collection[M]. WENG F, comp. Beijing: The Commercial Press, 2018. (in Chinese)
- [5] 杨振宁. 《易经》对中华文化的影响[J]. 自然杂志, 2005, 27(1): 1-3.
YANG C N. Influence of "the Book of Changes" on Chinese culture[J]. Chinese Journal of Nature, 2005, 27(1): 1-3. (in Chinese)
- [6] 爱因斯坦著, 许良英, 范岱年编译, 爱因斯坦文集(第一卷) [M]. 北京: 商务印书馆, 1976.
EINSTEIN A. Collected Papers of Einstein Volume 1[M]. XU L Y, FAN D N, comp & trans. Beijing: The Commercial Press, 1976. (in Chinese)
- [7] 杨振宁. 近代科学进入中国的回顾与前瞻[N]. 沈良, 译. 明报周刊, 1993-10-01.
YANG C N. Looking back on and forward to the entrance of modern science into China[N]. SHEN L, trans. Ming Pao Weekly, 1993-10-01. (in Chinese)
- [8] 亨利·奥古斯特·罗兰. 为纯科学呼吁[J]. 王丹红, 译, 王鸿飞, 校. 物理, 2012, 41(11): 748-757.
ROWLAND H A. A plea for pure science[J]. WANG D H, trans; WANG H F, rev. Physics, 2012, 41(11): 748-757. (in Chinese)
- [9] 林志忠. 吴大猷谈中国科学落后西方之缘由[J]. 物理, 2016, 45(12): 812-813.
LIN J-J. Wu Ta-You on the causes of China's scientific lag behind the West[J]. Physics, 2016, 45(12): 812-813. (in Chinese)
- [10] 杨振宁. 美与物理学[J]. 二十一世纪, 1997, 40(4): 71-79.
YANG C N. Beauty and physics[J]. Twenty-First Century, 1997, 40(4): 71-79. (in Chinese)
- [11] 郑伟谋. 关于量子力学的基本原理[J]. 物理, 2020, 49(10): 658-667.
ZHENG W M. On the fundamental principles of quantum mechanics[J]. Physics, 2020, 49(10): 658-667. (in Chinese)
- [12] 杨振宁. 负一的平方根、复相位与薛定谔[J]. 唐贤民, 译. 自然杂志, 1988, 11(1): 58-62.
YANG C N. Square root of minus one, complex phase and Erwin Schrödinger[J]. TANG X M, trans. Chinese Journal of Nature, 1988, 11(1): 58-62. (in Chinese)
- [13] WU T T, YANG C N. Concept of nonintegrable phase factors and global formulation of gauge fields[J]. Physical Review D, 1975, 12: 3845-3857.
- [14] 杨振宁. 麦克斯韦方程和规范理论的概念起源[J]. 汪忠, 译. 物理, 2014, 43(12): 780-786.
YANG C N. The conceptual origins of Maxwell's equations and gauge theory[J]. WANG Z, trans. Physics, 2014, 43(12): 780-786. (in Chinese)
- [15] 杨振宁. 几位物理学家的故事[J]. 物理, 1986, 15(11): 690-703.
YANG C N. Stories of several physicists[J]. Physics, 1986, 15(11): 690-703. (in Chinese)
- [16] 杨振宁. 他永远脚踏实地——纪念恩内科费米诞辰 100 周年[N]. 范世藩, 杨振玉, 译. 光明日报, 2001-09-29.
YANG C N. Forever grounded: commemorating the 100th Anniversary of Enrico Fermi's birth [N]. FAN S F, YANG Z Y, trans. Guangming Daily, 2001-09-29. (in Chinese)
- [17] 杨振宁. 沃纳海森堡(1901—1976)[J]. 刘兵, 译. 二十一世纪, 2002, 70(4): 103-108.
YANG C N. Werner Heisenberg (1901—1976)[J]. LIU B, trans. Twenty-First Century, 2002, 70(4): 103-108. (in Chinese)
- [18] 杨振宁. 我的学习与研究经历[J]. 物理, 2012, 41(1): 1-8.
YANG C N. My Academic and research experience[J]. Physics, 2012, 41(1): 1-8. (in Chinese)
- [19] 刘磊. 对话杨振宁: 个人的生命在整个宇宙之间非常渺小 [OL]. 人物, 2017-06-13. <https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2017/6/379236.shtm>.
LIU L. A Conversation with Yang Chen Ning: Human life is tiny compared with the Universe[OL]. Renwu, 2017-06-13. <https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2017/6/379236.shtm>. (in Chinese)
- [20] WEINBERG S. Four golden lessons[J]. Nature, 2003, 426: 389.
- [21] 朱志明. 杨振宁谈我国新时期的人才培养[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 1986, 4(3): 23-30.
ZHU Z M. Yang Chen Ning on talent cultivation in China's new era[J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 1986, 4(3): 23-30. (in Chinese)
- [22] 徐一鸿. 物理学的十大基础理念 [OL]. 2025-07-18. <https://www.koushare.com/video/details/200661>.
ZEE A. Top ten ideas of physics[OL]. 2025-07-18. <https://www.koushare.com/video/details/200661>. (in Chinese)