



清华附中“三走进”系列丛书

清华大学附属中学

清华附中校本课程
「走进实验室」纪实

在行动中理解科学



主编 / 方妍

科学素养和科学思维能力应该如何培养？继“走进圆明园”之后，清华附中开设了“走进实验室”项目课程，邀请中科院、清华大学等高校和科研单位的专家、学者与附中老师们一起带着学生聆听科学、感受科学和触摸科学。让学生们在课程中了解到底什么是科学，科学所包含的要素有哪些。在学习的过程中接受科学思维的训练，利用自己已有的知识来解决一些问题，使他们感受到自己所学的知识有用。“走进实验室”的课程所强调的，主要不是传授知识，而是培养深刻的思维方法和内在的学科精神。期望学生将来步入社会，无论在什么岗位，都能将内在的潜质发挥出来，这才是素养的力量。



上海科学技术出版社

Shanghai Scientific & Technical Publishers

清华附中“三走进”系列丛书

在行动中理解科学

——清华附中校本课程“走进实验室”纪实

主编 方 妍

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

在行动中理解科学: 清华附中校本课程“走进实验室”纪实 / 方妍主编. — 上海: 上海科学技术出版社, 2017.3

(清华附中“三走进”系列丛书)

ISBN 978-7-5478-3378-0

I. ①在… II. ①方… III. ①科学知识—中学—教学参考资料 IV. ①G634.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第291165号

在行动中理解科学 ——清华附中校本课程“走进实验室”纪实

主编 方妍

上海世纪出版股份有限公司 出版
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路193号 www.ewen.co

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19

字数 400千字

2017年3月第1版 2017年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-3378-0/G·738

定价: 128.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向工厂联系调换

内容提要

科学素养和科学思维能力应该如何培养？继“走进圆明园”之后，清华附中开设了“走进实验室”课程，邀请中国科学院、清华大学等科研机构和高校的专家学者与清华附中的老师们一起带着学生聆听科学、感受科学和触摸科学。让学生们在课程中了解到底什么是科学，科学所包含的要素有哪些。在学习的过程中感受科学的思维，利用自己已有的知识来解决一些问题，使他们体会到自己所学的知识有用。本书收录了在此校本课程中师生共同探讨的话题，包括自由、发散、开放的讨论，以及学生用不同形式呈现自己的收获。课程所强调的，不是传授知识，而是培养深刻的思维方法和科学素养。学生将来走到社会中去，无论是什么岗位，都能将内在的潜质发挥出来，这才是素养的力量。本书适于中小学教师及学生阅读。

| | | |
|-----|-------------|-----|
| 王艳芬 | 中国科学院大学 | 教 授 |
| 郭黛姮 | 清华大学建筑学院 | 教 授 |
| 任国玉 | 国家气象局 | 教 授 |
| 单保庆 | 中科院生态环境研究中心 | 研究员 |
| 王卫红 | 北京航空航天大学 | 教 授 |
| 王 卓 | 英特尔中国实验室 | 研究员 |
| 刘尚明 | 清华大学 | 教 授 |
| 张克中 | 北京农学院园林学院 | 教 授 |
| 吴兆铮 | 北京动物园 | 园 长 |
| 张金国 | 北京动物园 | 副园长 |

本书编委会

主 编 方 妍
副 主 编 王 田
执行主编 韩 星
课程顾问 王艳芬
课程执行组长 王 田 韩 星

编 委

校内

王 田 韩 星 赵 岩 刘向军 邱 楠 寇 正 王星玮 房 鹏 隋玲玲
丁光成 杜 婵 刘 建 李 琳

校外

| | |
|---------------|---------------------|
| 北京师范大学 | 张 立 周方易 |
| 北京动物园 | 吴兆铮 芦彦平 何绍纯 张轶卓 张媛媛 |
| 中国科学院生态环境研究中心 | 张文强 唐文忠 张 洪 |
| 国家气象中心 | 张 雷 |
| 北京气象局 | 张爱英 尹焰寅 |
| 中国科学院情报资料中心 | 马晓敏 |
| 中国科学院古脊椎动物研究所 | 徐 星 |
| 科幻作家 | 王晋康 |
| 国家宇航员训练中心 | 吴大蔚 王 跃 |
| 清城睿现数学科技研究院 | 徐 柯 |
| 中国科技馆 | 廖 红 李志忠 曹 朋 左 超 侯易飞 |
| | 李 博 张志坚 邵 航 |

这本书是清华大学附属中学四年来实施素质教育，引导学生“走进实验室”的结晶。“走进实验室”是清华附中“三走进”项目课程中的第二个课程系列，它同前一个课程“走进圆明园”和后一个课程“走进图书馆”相互衔接，与课堂教学紧密配合，构成完整的课程系统。“走进实验室”课程分三个阶段进行，“聆听科学”和“感受科学”安排在八年级上学期，第三个阶段“触摸科学”在八年级的下学期。

我有机会在“感受科学”的阶段，应邀给学生做了一个题为“从显微镜到望远镜，兼谈科学装置与科学研究的关系”的科普讲座，向同学们讲述了我国的大型科学设施，也在与学生的交流与讨论中感受到“走进实验室”的魅力。讲课那天，我早早来到了学校，在校园里，“走进实验室”项目课程的展板吸引了我的注意。从中我看到学生们如何在这个课程中了解什么是科学、科学有哪些要素，并直接参加丰富多彩的科学实验，切身体验科学的内涵，感受科学研究的方方面面。

这使我想起了一个著名的实验室故事。19世纪末，许多科学家都在实验室进行阴极射线管的研究。阴极射线究竟是由什么组成的？有的科学家认为是电磁波，有的说是带电的离子流，还有的说是由带负电的微粒组成，争论延续了20多年，唯有科学实验才能解决这个长期争论的问题。1897年，英国科学家汤姆逊(Joseph John Thomson)用一系列出色的实验，确定阴极射线的带电性质、测量粒子的荷质比，从而确认阴极射线是一种带负电的物质粒子，并最终发现了电子。汤姆逊也由于电子的发现和气体导电方面的理论以及实验研究而荣获1906年的诺贝尔物理学奖。

感谢清华附中的领导和老师，勇于探索、开拓创新，精心安排了“走进实验室”的项目课程。感谢参与课程教学和辅导的科学家，准备教材、组织实验，为培养学生的科学素质付出了



时间、精力和心血。祝贺走进实验室的学生，在实验室的广阔天地认真学习、努力实践，取得了丰硕的成果。

衷心希望清华附中的“走进实验室”项目课程越办越好，使学生在实验室里聆听科学、感受科学、触摸科学，在科学实验中逐步形成科学的思维方法和行为习惯，培养创新能力，增强科学素质，成为德智体美全面发展的社会主义建设者和接班人。

张 闯

核物理学家 中国科学院高能物理研究所

2016年8月

清华附中“走进圆明园、走进实验室、走进图书馆”(三走进)项目课程丛书中的“走进实验室”即将出版付梓。我本人对这些项目课程的开发和推进工作非常满意,尤其对此类课程在清华附中整个课程体系中所显现出的独特功能感到欣慰。

毫无疑问,21世纪国与国的竞争实际上是人才的竞争,是人才培养质量的竞争,而人才培养质量取决于人才培养的内容和模式。在信息化多媒体时代,学生获取知识的途径呈现多元化。这就要求教育工作者必须以教学内容和方式的变革来适应时代的变化,迎接全新的挑战。对于学校而言,则需要根据学生特点和学校特点,提供更加多元化的学习资源以及系列化的课程。使学生掌握计算机无法取代的、非常规的、复杂的思维方式,比如创新能力、批判思维、沟通合作能力、信息媒体技能、跨文化理解能力等,将知识与技能有效地传授给学生,这是学校为国家培养人才的使命与责任。

课程建设是全面实施素质教育的载体,清华附中对国家课程进行二次开发,尊重学生个体差异,为不同基础、不同潜力、不同发展倾向的学生提供多层次、多种类的发展选择,构建清华附中“多元、特色、系统”的课程体系。“三走进”这类课程就是为了体现综合性、实践性和研究性的一类课程,是清华附中课程体系中综合类课程的一种,同时又对授课模式有很大的突破和创新。综合课程最重要的目的就是培养学生综合运用所学知识、研究解决现实问题的创新能力。

我们知道,初中阶段是对拔尖创新人才激发与培养探索兴趣、塑造人文情怀、夯实知识基础、拓宽知识视界的关键阶段。“初中知识”的传授方式不应该是灌输式的,教师应该更多地给学生动手和动脑的机会,让学生经历“一分耕耘、一分收获”,感受知识当中蕴含的情怀和价值。“初中能力”需要培养学生的兴趣,包括求知欲、好奇心和想象力;培养学生的独立思考、质疑、批判和创新精神;培养学生独立分析、解决问题的能力;培养学生与人沟通协调合作的能力。初中阶段的教育迫切需要针对拔尖创新人才的特点,设计出富有时代感、针对性强、能激发拔尖创新人才探索兴趣



的体系化人才培养课程。

清华附中有着独特的资源优势：毗邻清华园、圆明园和燕园，有着丰富厚重的人文及科研教育资源。我们可以依托校内外丰厚的资源，带学生走出课堂，以体验式的教学方式，在丰厚的情景中，激发学生的学习兴趣、独立思考、探索精神以及创新精神。“三走进”项目课程打破了学科之间的界限，对相关问题进行跨学科、综合性、多领域、多角度地观察和研究，激发多元化思维和批判精神；打破了教室与社会的空间界限，为学生创造条件，走到科学家身边，在科学家的指导和影响下开阔视野，激发潜能，提升科学素养和人文素养，培养创新精神；跨越了时空界限，带学生走进文化经典，对历史、哲学、人生进行深入思考，培养学科兴趣、技能和思维，提升人文素养和学科能力，激发创新潜能。

002

“三走进”项目课程肇始于2010年，经过几年的探索与实践，得到学生喜爱、家长赞许和社会认可。学校聘请相关学科的特级教师担任顾问，邀请清华大学、北京大学、北京科技大学等名校或科研机构的专家学者加盟，形成了项目课程专家团队。同时，学校一批青年教师凭借专业优势及个性特长，全情投入项目课程的教育教学实践当中。通过几年的实践，学校积累了丰富的资料，形成了基于实践的校本教研成果，社会影响力不断扩大。清华附中愿意将成果固化下来，与教育同行分享和交流。也希望项目课程在理论探索与实践的过程中，能够更加贴近学生需求，培养出一批有研究意识、合作精神、核心素养的学生，为学生创新能力的形成打下坚实的基础。

最后要特别感谢为课程和丛书出版做出努力的人们！

清华大学附属中学校长

| | | |
|-----|----------------------------|-----|
| 第一章 | 概述 | 001 |
| 第一节 | 让科学实践成为培养学生科学素养的理想平台 | 003 |
| 第二节 | 实施方案 | 005 |
| 第二章 | 聆听科学 | 009 |
| 第一节 | 幻想与现实：打开科学之门 | 011 |
| 第二节 | 艰辛而有趣：科学之路的魅力 | 021 |
| 第三节 | 实证与求真：严谨的科学态度 | 037 |
| 第四节 | 真理与伦理：慎舞科学的双刃剑 | 042 |
| 第三章 | 感受科学 | 049 |
| 第一节 | 采珠学海：文献资料的查阅与使用 | 051 |
| 第二节 | 初窥科学门庭：走进中国科技馆 | 063 |
| 第三节 | 心量手测：科学研究的基本训练 | 088 |
| 第四节 | 不弃涓滴：科学数据的记录与整理 | 096 |



| | | |
|-----|----------------------------|-----|
| 第四章 | 触摸科学 | 115 |
| 第一节 | 静候花开：对物候观测的实践 | 118 |
| 第二节 | 生活处处有学问：用科学方法验证和分析问题 | 126 |
| 第三节 | 学以致用：探究制作过程 | 135 |
| 第四节 | 计算机编程的生活应用 | 142 |
| 第五节 | 圆明园古桥的力学分析 | 147 |
| 第五章 | 案例展示及课程反响 | 153 |
| 第一节 | 一次完整的科学实践活动 | 155 |
| 第二节 | 鸟瞰地球 | 199 |
| 第三节 | 在北京动物园做丰容 | 233 |
| 第四节 | 创客——梦想开出现实的花 | 246 |
| 第五节 | 家长学生眼中的“走进实验室” | 257 |
| 附录 | | 267 |

第一章

概 述





第一节 让科学实践成为培养学生科学素养的理想平台

“走进实验室”项目课程是清华附中“三走进”项目课程的第二个课程系列。“走进实验室”，以校内外各实验室及研究机构为平台，培养学生的科学素养。希望课程能够为学生提供个性化的、多元化的发展空间，使每一个人都在不同的方面获得成长。

“走进实验室”项目课程是一门体验式的课程，学生在整个的学习过程之中去体验科学研究的过程，通过自己亲手操作，亲身体会去积累知识，习得方法，最终形成素养。

为什么在一所中学里会开这样的一门课程呢？不妨先从一位来自大学老师的微信说起。这位老师在微信里提到，大二的学生在图书馆不知道怎么查文献，给导师打电话请教查文献的问题。在中国的大学里这样的现象可能很普遍，上大二的学生，可能还不知道怎样去查文献、读文献，大四学生的毕业设计初稿会让导师很郁闷，更不要说怎样科学地去表达自己的观点。故事还有一个细节：给老师打电话请教查阅文献问题的那位大二学生正在图书馆，我们知道图书馆里的老师有更专业的背景，在查文献这方面完全能够给他指导，但是这个学生还没有想到图书馆里的老师是自己可以请教的人，只是打电话给自己的老师。这个插曲让我们不禁反思，中国的学生到底缺了一些什么呢？和老师们在一起讨论，会发现中国的学生也许有这样的一个学习现状：他们做过许多题，参加过许多赛，考过更多的“试”，但大多在中学阶段甚至在本科阶段没有见过真正的科学探究，更没有真正接受过科学素养的训练。他们背过定理，记过公式，甚至也做过很多已经被设计好了的实验，但是大多没有体验过从提出问题、设计方案到研究验证、改进调整，最终得出结论的科学探究的完整过程。

他们知道许多种解题思路，一道数学题可能会用五种六种，甚至十来种方法来解题，但是真正自主解决问题的方法却缺失了。他们学了许多科学知识，但是也许并没有真正良好的科学习惯，学生们有好奇心，会关注许多的科学名词，甚至是最前沿的新名词，但是对科学基本的理解是缺乏的。学生在各种竞赛中可以摘得许多闪光的金牌，甚至在科技创新大赛里边也有令人惊讶的成果，但是科学素养的普遍提升，仍然是我们亟待解决的问题。

因此，见识、体验、方法、习惯、思维和素养，是这门课的几个关键词。希望在这样一个体验式、浸润式的课程之中，不是老师告诉学生什么，而是学生真的能习得些什么，能够感悟些什么。希望在这样的过程之中，学生能够见识科学，体验科学，习得方法，养成习惯。希望科学思想可以渗透给每一个孩子，希望孩子们的科学素养能得到更加普遍的提升。

为此“走进实验室”项目课程分三个阶段来进行：聆听科学、感受科学、触摸科学。



在聆听科学的阶段，我们请了许多科学家和科普界的人士来给孩子们做讲座、讲故事，北师大的张立老师给孩子们做了一个“你所不知道的亚洲象”的专题讲座，给孩子们介绍了科学观察的要素，和野外科考的艰辛。中科院的徐星老师给孩子们讲了一个古盗鸟的故事，让孩子们去体验科学家实事求是的精神，懂得了科学来不得半点虚伪，体验到了科学家敢于自我否定的心胸和勇气。著名的科幻作家王晋康先生跟孩子们一起讨论“人类对病原体该不该赶尽杀绝”这个有趣的话题，并在此过程之中让孩子们对科学的思考开始触及哲学、社会伦理层面。中国航天员王跃博士以自己参与的国际合作项目“火星500”的经历，生动地告诉同学们科学是有趣的。清华大学的雷毅教授给孩子们讲了科学的形象、作用和影响，让学生们对科学又有了一个更新的认识。

在听科学家们讲故事的同时，学生们还亲自动手去感受科学研究，这便是我们的“感受科学”。孩子们用最简单的器材，卷尺和秒表，试图去测量声音的速度；用一次性的筷子、胶条来感受力学的魅力。在感受科学的过程之中孩子们还坚持每天去测量记录校园中的PM2.5数据，在老师指导下进行数据的处理和分析，听专家的讲解，参观气象局，对PM2.5有了一个更加理性的认识。对于动物的行为，孩子们学习课本、听讲座，到现场去感受进行模拟“丰容”实验，全员参与有了一个基本的认识和了解。

在这些基本科学实验操作的基础上，学生们在第二个学期开始了“触摸科学”的实践学习。在总体安排下分成不同的研究小组，根据兴趣爱好，及导师的专长，走进不同的科研单位，由导师指导，小组合作去完成一个小的研究项目。

课程目标是让学生们体验一个相对简单，又较完整的科研过程。让学生们学会提出问题，查阅文献，制定研究方案，具体的进行研究，进行试错，对自己的方案进行调整，继续进行研究，最终得出初步的结论，并且完成论文，完成设计。

在整个学习探究过程之中，希望每个学生都能够有所体验，有所收获，受到科学的熏陶和浸润。在这门课程中，并不一味追求最后结果，因为在科学的学习之中真实的过程才是最重要的。

电子小组的学生们在英特尔中国实验室王卓老师的带领下学习编程应用，还有控制小组在清华大学刘尚明老师的带领下学习数控技术，电学小组的同学们在北京航空航天大学王卫红老师的指导下进行电学与自动化的研究。北京动物园的吴兆铮园长和何绍纯、张轶卓、张媛媛等各位工程师，带着丰容小组的孩子们，对火烈鸟、大赤袋鼠、长角羚等动物进行了笼舍丰容实践活动。化学小组知行合一，在中科院单保庆、张文强、唐文忠、张洪等老师的指导下，去采集水样，对水样进行化学分析，关注“南水北调”、“地下水污染”、“河水咸化”等最真实的问题。地理小组的同学们在国家气象局任国玉老师、张雷老师、北京气象局张爱英老师的指导下，用玉兰花花期的观测试图找到花期同城市热岛效应之间的关系，试图为气象提供准确的数据。力学小组在清城睿现数字研究院徐柯老师和我校丁光成老师、隋玲玲老师、邱楠老师、杜婵老师的指导下，经历了科学探究的艰辛与乐趣……

在“走进实验室”项目课程实施的整个过程中，学生们在“聆听科学”“感受科学”两个阶段

经历了同样的学习过程,又在“触摸科学”阶段选择了不同的题目,每一个小组的每一位同学都经历了整个科学研究的全过程。学生们收获了成功的喜悦,学习了科学的方法,当然也体验到了失败的挫折和痛苦。同时,也感受到进行科学研究过程中,需要处理的数据很烦琐,长期观测科研工作的艰辛等。这些最真实的体验和收获,也许能够伴随他们走向未来。更重要的是看到许多学生在学习、探索的过程之中,不仅收获了科学的习惯、科学的思想、科学的精神,更把这些东西带到自己的生活和 Learning 中去。许多小组中的同学,开始关注我们的环境,关爱野生动物,关心人类的未来生活与生存,这样一种担当的精神,实际上也是每一个科学家身上的伟大人格在孩子们身上的折射。

希望“走进实验室”项目课程能够让更多孩子受益,也希望本课程的一些想法和做法能够给各位有志于基础教育工作与科普工作的各位人士提供一些参考。因此,这门课程的开设经验和教训结集成册,求教于方家,希望各位专家各位读者不吝赐教。我们将继续努力改进我们的工作,也将对各位读者的批评指正心怀感激。

第二节 实施方案

科学是人类发现真理最可靠的途径。正因为科学的存在,人类对自然事物的探求有了保障,同时利用科学成果改善了人类自身的生存条件,从而提高生活质量。科学是随时间不断地发展和空间上不断扩展的事物,因此人们更期望有新的科学发现以便给人类带来更大的益处并满足人所特有的求知欲望。科学所具有的思维、方法和过程是需要训练才能获得的。让学生在初中阶段接触科学、了解科学、参与科学探索过程尤为重要。本课程为一年时间,具体设计方案如下:

| 阶 段 | 内 容 | 时间安排 |
|---------------|---|---------|
| 第一阶段: 聆听科学 | 通过听科学家讲故事的方式,了解科学基本要素 | 八年级第一学期 |
| 第二阶段: 感受科学 | 组织学生去现场参观,培养学生们探索和求知的欲望 | 八年级第一学期 |
| 第三阶段: 触摸科学 | 通过学生亲自参与科学实验过程,切身体验科学内涵,感悟科学研究的方方面面,引导学生形成科学的思维方法和行为习惯。 结合学科特点和能力塑造要求,重点培养学生科学探究的思维方式,即如何提出问题、文献资料查阅、研究方案设计、实验操作和调查分析、解决问题和撰写论文等科学思维过程的训练。 | 八年级第二学期 |