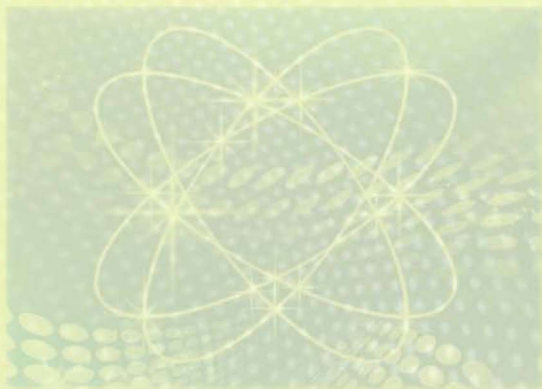


海洋物理

姜希明 主编



中国海洋大学出版社

海洋物理

主 编 姜希明
编 委 陶安军 徐风文 张大明

中国海洋大学出版社
• 青 岛 •

图书在版编目(CIP)数据

海洋物理 / 姜希明主编. —青岛: 中国海洋大学
出版社, 2015.4

山东省校本课程海洋系列教材/白刚勋总主编

ISBN 978-7-5670-0870-0

I. ①海… II. ①姜… III. ①海洋物理学—中学—教
材 IV. ①G634.71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 047369 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号 邮政编码 266071

出 版 人 杨立敏

网 址 <http://www.ouc-press.com>

电子信箱 cbsbgs@ouc.edu.cn

订购电话 0532—82032573(传真)

责任编辑 于德荣

电 话 0532—82032643

印 制 日照报业印刷有限公司

版 次 2015 年 8 月第 1 版

印 次 2015 年 8 月第 1 次印刷

成品尺寸 140 mm×203 mm

总 印 张 23.5

总 字 数 600 千

总定价(全五册) 60.00 元

编委会

丛书总主编	白刚勋		
丛书副总主编	曾 艳	于德生	朱秀海
本书主编	姜希明		
本书编委	陶安军	徐风文	张大明

从青岛 39 中我看到了教育的希望

（代序）

青岛 39 中的海洋教育给我留下了深刻印象。我从青岛 39 中的探索中，看到了中国教育的希望！青岛 39 中本来是一所以艺术教育特色见长的学校，从这所学校走出了一批又一批艺术界的优秀人才，如活跃在影视界的唐国强、著名主持人倪萍等，都是这所学校培养的。白刚勋校长告诉我，从这所学校走出去的活跃在北京艺术舞台的著名艺术家就有 100 多人。

但是，学校并没有固守传统不求创新，在山东省推进素质教育的过程中，他们不断思考：学校新的发展空间到底在哪里？如何抓住教育发展的新形势，走出传统，求得学校发展的新突破？他们在充分分析教育发展形势以及自身资源优势的基础上，2011 年起，开始探索一条以海洋特色建设为载体、与大学联合育人的人才培养新模式。

一、与高校合作开办海洋教育实验班

青岛 39 中开展海洋教育具有得天独厚的条件。青岛是我国著名的海洋科学城，很多海洋科学方面的院士、科学家集聚在青岛。同时，39 中是我国著名涉海高校中国海洋大学的附中。39 中在广泛听取中国海洋大学的专家和发动全校师生大讨论的基础上，毅然把海洋教育确定为学校发展和培育的新特色。

一是加强与大学联系，拓宽学校发展平台。除了中国海洋大



学外,与有涉海专业的包括清华、北大、南大、浙大等 26 所著名高校建立了联系,并且都是与国家海洋局签约的单位。

二是加强与科研院所的联系,建立学生实践平台。学校与国家海洋局北海分局、黄海水产研究所、国土资源部青岛海洋地质研究所、青岛海洋科技馆等驻青岛海洋科研机构签订了《海洋教育联合育人协议》,建立学校海洋教育实践基地。

三是聘请著名专家教授组成课程研发和教授团队。学校聘请了 40 多位专家教授组成专家团队,同时聘请海洋大学有关海洋科学方面的研究生作为学生海洋探究的校外辅导员,定期指导课程学习、研究性学习、课外活动、课题研究,最终形成一支专兼职相结合、课堂教学与实践相结合的高素质的教师队伍。

二、建设富有特色的海洋课程体系

39 中在课程建设与开发上,依据不同阶段学生的认知规律,针对海洋班和普通班学生的不同特点,形成了“A 基础型课程+ B 拓展型课程+ C 实践型课程”三位一体的海洋特色课程体系。实现了“四个一”工程:每周一节海洋科普讲座,每月一次海洋实践活动,每学期一项海洋课题研究,每年一次海上科考活动。

1.基础性课程,即国家课程,主要体现国家对公民素质的基本要求,夯实学生基础,实现全面发展。开全、开齐、开足国家课程,在落实国家课程过程中结合学科特点渗透海洋知识、培养海洋意识和海洋文化。

2.拓展型课程,以海洋科学内容为主线,建立相应的“海洋知识超市”。目标是激发兴趣、开阔眼界,对大学相关课程有所了解,为实践型课程尤其是课题研究做准备。课程分为必修和选修课程,高一、高二各 40 课时。课程内容包括海洋物理、海洋化学、海洋生物、海洋地质、海洋权益、海洋矿产、海洋文化等。

3.实践性课程,课程目标是激发兴趣,培养实践能力和创新精

神。每月一次海洋实践考察,每学期一项课题研究,每年一次海上科考和海洋游学。举办丰富多彩的海洋实践活动,开阔学生的眼界。

三、海洋生物学博士主持海洋生物实验室

为了打造高水平的海洋教育教师团队,在青岛市教育局的大力支持下,学校已经专门招聘了海洋科学方面的两名博士生。海洋生物学博士白晓歌曾经两次到南极进行科学考察。青岛 39 中为了搞好海洋实验教育,专门配备了海洋生物实验室,这个实验室的配备水平与海洋大学大一学生的实验室是一样的。学校正在筹备建设海洋地质实验室。在海洋生物实验室,我问白博士为什么喜欢到青岛 39 中工作?她说,自己喜欢在这里带领孩子们做海洋生物实验,自己在大学里工作可以做研究,在这里同样可以做研究。白老师的工作时间主要是每天下午 4 点至 6 点,还有周末、节假日。有些孩子做实验常常做到下午 6 点多。我问白老师今年刚刚入学的高一学生到这个实验室做过实验的有多少,她说,已有 70 多位学生。这个数字是令我吃惊的。要知道,青岛 39 中高一只有一共有五个班,不到 200 个学生,这其中,还有一个班是学艺术特长的。这说明,到这里做实验的不仅仅是海洋实验班的学生。白老师告诉我,高二的孩子已经从大肠杆菌中提取出了 DNA。

四、在实验研究中学习科学

开展海洋课题研究是 39 中海洋实践课程的一大亮点。研究型的学习方式深受学生的欢迎,首轮海洋课题共有 9 个,其研究内容涉及“海洋有孔虫”“斑马鱼胚胎发育”“虾类解剖”“从海洋贝壳中提取糖蛋白”“海洋生物生活习性”“海洋旅游文化”“海洋岛屿”等。

请看参与“斑马鱼早期胚胎发育形态学观察”研究的两位同学



的感想。

张鑫瑞同学：这两个多月来我们组积极进行了研究性学习的研究工作，我是本组的一名组员。我们经常一大早去海洋大学生物实验室进行斑马鱼的胚胎观察，一直要观察到下午。虽然說一个斑马鱼胚胎的发育很缓慢，要 15 分钟才能分裂一次，但是我们没有丝毫的厌倦，大家都耐心地观察，有时候我们还进行一点剥离细胞膜的训练，这个很锻炼人的耐心，我很喜欢。我还参加了海洋大学内部的一次讲座，感觉他们讲得高深无比，我才疏学浅，很难听懂多少，感觉我应该学的还很多。

尹震霄同学：我自幼就喜欢各种动物、植物，长大后我对生命的奥秘愈发感兴趣。感谢学校给我这个探究生命始源的机会，研究斑马鱼从鱼卵到胚胎的发育过程。我不是一个很有耐心的人，但是在观察斑马鱼鱼卵的时候，我却能耐住性子，我想这就是兴趣的力量吧。不得不说，生命是神奇的，即使是比人类简单得多的一条斑马鱼，也将生命的瑰丽展现得淋漓尽致。从鱼卵上一个小小的细胞开始分裂，每时每刻都有微小的变化。一变二、二变四、四再变八……直至最后变成一条鱼。研究性学习绝不仅仅是了解一些课外知识而已，在研究和学习的过程中我得到的是耐心、得到的是快乐、得到的是对生命更深的理解。

青岛 39 中海洋教育实验班给我们的启示：

1. 校内、外资源合作育人

学校总是生活在社区之中，总有学校可以利用的各种资源。按照我省《教育规划纲要》的要求，推进普通高中与高校合作育人，是我省普通高中教育改革的一个重要方向。现在，我省普通高等学校已有 140 多所，这些高校应该打开大门与普通高中通过开放实验室、联合开发课程、教授走进中学等方式，与普通高中合作育人。

不仅是高校的资源可以为我所用，一切有益的自然、人文、社

会资源都可以为学校所用。以高密的莫言文学馆为例,完全可以以此为载体为那些对文学有兴趣的学子开发出一系列课程……

2. 与世界科学教育潮流接轨

在做中学科学,在实验中学科学,这是世界科学教育的潮流。很遗憾,我国的科学教育由于受到应试教育的影响,科学实验长期受到忽视,致使我国的科学教育无法真正培养孩子的科学素养,给予孩子们只是一些死记硬背、生吞活剥的知识。这些知识当考试结束之后、当考上所谓的大学之后,也就全部还给了课本,还给了老师。

从青岛 39 中的实验中,我想到了当前许多学校的理化生实验室除了做少量的实验,大部分时间处于闲置状态的情况。我认为,到了改变目前做实验的师生不管实验室,管实验室的人又不懂实验这种状况的时候了。我想,我国中学的科学教育可以借鉴 39 中的经验,引进高学历的科学人才,除承担少部分授课任务外,主要负责实验室工作,专职担任学生研究性学习课程的指导老师。这对于充分发挥实验教学在中学科学教育中的基础作用,培养学生的科学兴趣,激活我国科学教育,具有重要的意义。

3. 高校创新人才培养的基础在高中

中国海洋大学前校长管华诗院士曾说:“中国海洋大学海洋专业的学生入学分数很高,但培养潜力不大,因为他们缺乏对海洋的兴趣,缺乏一定的海洋专业基础,更缺乏海洋专业发展的志向,对于毕业后是否从事海洋领域的工作,也很茫然。”不能不承认,国家创新人才培养的基础在普通高中。如果我们任由当下的应试教育将孩子们的兴趣、社会责任感、自主管理能力摧残殆尽,高等学校还培养什么创新人才呢!

39 中开展的海洋教育通过校本课程的开设,让学生通过科普讲座多了解相关专业,激发学生的兴趣;通过实践型课程培养学生的实践能力和创新精神,在学生的心中埋下了一颗科学的种子。



学生对动手实践更感兴趣,实践能让学生真正感受到学习的意义。有的学生说:“活着的意义就在于改变这个世界。”两年多的探索实践,使 39 中对如何促进学生的个性化发展有了新的理解:一是培养学生的兴趣,二是将兴趣爱好培养为一种能力;三是实现兴趣与专业发展的对接。只有将专业的选择建立在兴趣基础之上,才能充分挖掘学生的潜能和创造力。如此,将来孩子在选择上什么大学时还会盲目吗?如此,将来大学还会选不到适合自己办学特色的学生吗?如此,普通高中教育与大学教育的人才培养还会脱节吗?

我从 39 中的改革,看到了中国教育的希望!

国家督学 山东省教育厅副厅长 张志勇

2013 年 11 月

前 言

海洋物理学是以物理学的理论、技术和方法,研究海洋中的物理现象及其变化规律,并研究海洋水体与大气圈、岩石圈和生物圈的相互作用的科学。它是海洋科学的一个重要分支,与大气科学、海洋化学、海洋地质学、海洋生物学有密切的关系,在海洋运输、资源开发、环境保护、军事活动、海岸设施和海底工程等方面有重要的应用。

海洋物理学的发展简史

海洋物理学作为海洋科学的一个独立分支学科,始于 19 世纪末叶,但其下属一些分支的发展历史,却可追溯到自然地理学和海洋学的萌芽时代。海洋物理学发展史,可概括为三个阶段:



海洋考察,早期的理论研究和观测仪器的研制,现代海洋学。

早在公元前 3 世纪,希腊学者毕塞亚斯在北海考察中,就初步进行了潮汐和地磁偏角的观测,但是专门的海洋考察则始自 19 世纪,其中较著名的有“闪电”号(1868)、“豪猪”号(1869~1870)等的海洋考察,特别是英国“挑战者”号(1872~1876)具有划时代意义的环球海洋考察。

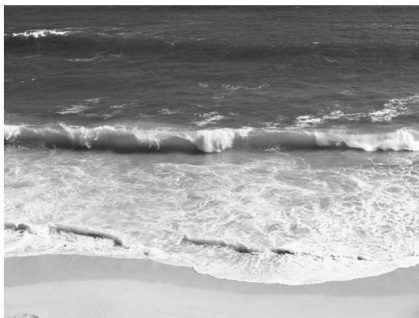
19 世纪末 20 世纪初,德国“羚羊”号对世界大洋的考察,法国



“劳动者”号和“法宝”号对北大西洋的考察,美国“企业”号的环球考察,都涉及海洋物理学的内容。这些考察,从实践上为海洋物理学的早期发展奠定了基础。

以后陆续出现许多专门的海洋考察活动,内容更加广泛和深入,例如,德国“流星”号的南大西洋考察,美国“卡内基”号的地磁观测,瑞典“信天翁”号对三大洋赤道无风带的深海考察等,都从不同的方面促进了海洋物理学的发展。

从 17 世纪到 19 世纪末叶,一些杰出的物理学家和数学家曾对海洋中的某些物理现象进行过研究,为海洋物理学中一些分支的形成和发展奠定了理论基础。



19 世纪末叶 20 世纪初,随着海洋调查的进一步发

展,海洋物理学研究进入了一个新的发展阶段。这一阶段的主要标志是,应用流体动力学的方法来研究海洋环流。例如,1902 年,挪威桑德斯特勒姆和海兰·汉森基于旋转地球上的环流定理,发展了在现代海洋环流研究和海洋调查中广泛应用的“动力计算”方法。1901 年和 1905 年,瑞典埃克曼对美国莫里在 1855 年指出的海面风和表层海流之间的关系,作出了理论的解释,从而建立了风漂流理论。

自此以后,海洋物理学研究即以海洋环流理论研究为重点,密切结合水文物理和化学要素的观测实验,不断地向前发展。

20 世纪 60 年代以来,随着科学技术的迅速发展,海洋物理要素的调查监测技术和研究设备日益完善,各种海洋过



程的理论模式和海洋信息处理系统相继建立,以浮标阵为主体的海上现场对测试验,及包括航天遥感技术在内的新技术,得到广泛应用,都有力地促进了现代海洋物理学的研究,沿着理论和观测实验紧密结合的途径向前发展。

海洋物理学的基本内容

海洋物理学主要研究海水各类运动和海洋与大气及岩石圈的相互作用的规律,为海况和天气的监测及预报提供依据;研究海洋中的声、光、电现象和过程,以掌握其变化和机制;研究海洋探测的各种物理学方法。



物理海洋学是现代海洋物理学中最早发展起来的一个分支学科,其研究内容最为广泛。物理海洋学主要研究发生在海洋中的流体动力学和热力学过程,其中包括

海洋中的热量平衡和水量平衡,海水的温度、盐度和密度等海洋水文状态参数的分布和变化,海洋中各种类型和各种时空尺度的海水运动(如海流、海浪、潮汐、内波、风暴潮、海水层结的细微结构和湍流等)及其相互作用的规律等等。



海洋物理

海洋气象学是物理海洋学和气象学密切结合的一个边缘学科,它主要研究发生在海洋和大气边界层中的热量、动量和物质交换过程,海洋与大气的大、中尺度相互作用和中、长期的海况及气候变迁规律,海上天气过程和现象,特别是危险性天气过程的预报。

海洋声学是研究声波在海洋水层、沉积层和海底岩层中的传播规律以及在海洋探测和海洋开发中的应用的学科,其主要研究内容包括海洋中声的传播和声速分布、声吸收和声散射、海洋中的自然噪声、海洋水层中的声学探测、海底声学特性和海底声学勘探等等。



海洋电磁学主要研究海洋的电磁特性,海洋中的天然电磁场和电磁波的运动形态及传播规律,电磁波在海洋探测和通信以及海洋开发中的应用。

海洋光学的研究内容,在基础研究方面主要是海洋辐射传递过程的研究以及海面光辐射、水中能见度、海水光学传递函数、激光与海水相互作用等研究;在应用研究方面主要是遥感、激光、水



中照相工程等海洋探测方法和技术的研究。

河口海岸带动力学主要研究河口地带和海岸地带中海水的各种运动规律,河口海岸带地形地貌的变化以及产生这些变化的动力因素。这些研究对海岸防护、港口建筑等都有密切的关系。

此外,随着现代海洋资源开发和近岸海区海洋学研究的进一步发展,在海洋物理学研究领域,正在形成一些带有区域性的派生学科,如陆架物理海洋学等等。

研究海洋中的物理现象及其变化规律,并研究海洋水体与大气圈、岩石圈和生物圈的相互作用的科学。海洋科学的重要分支,物理学的一部分。与大气科学、海洋化学、海洋地质学、海洋生物学有密切关系。



海洋物理学的内容十分广泛,而当前的研究课题可以大致归纳为如下几个方面。

(1) 研究各种时空尺度的海水运动及其相互关系,特别是大、中尺度的海洋-大气相互作用及其时空变异,从而建立相应的热力学-流体力学模型,以提高气象预报与海况预报的准确率。

(2) 研究各种海洋物理要素场的形成机制及其频率-波数谱的结构,特别是海洋中的中尺度涡、内波、海水层结的细微结构和海洋湍流等。

(3) 研究全球大洋和各分区的水团和环流结构。

(4) 研究全球大洋各分区,特别是近岸海区和陆架区的水文物理特征。



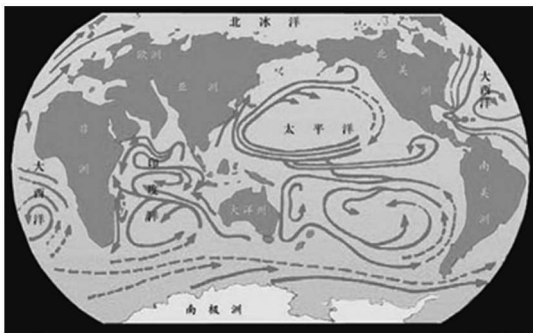
(5) 研究声波、光辐射、无线电波、电磁场在海洋中的传播规律和声、光、电技术探测海洋(包括通信)的方法和技术。

(6) 研究与海洋资源开发、环境保护、航海、渔业和海洋工程等有直接关系的海洋物理学问题,为人类的海上生产实践服务。

海洋物理学的主要理论

潮汐理论——1687年,英国 I. 牛顿根据他发现的万有引力定律,用引潮力解释了潮汐的成因。1740年,瑞士 D. 伯努利建立了平衡潮学说。1775年,法国 P.-S. 拉普拉斯建立了潮汐动力学理论,给出了考虑地转偏向力影响的潮汐动力学方程组及其在特定条件下的特解。1845年,英国 G.B. 艾里提出了潮汐的长渠波动理论,并对其进行了较深入的研究。1872~1879年,英国 W. 汤姆孙(开尔文)设计了潮汐分析和预报的机械装置。1878~1891年,英国 G.H. 达尔文研究了地球潮汐,并提出了海洋潮汐分析和预报的调和分析方法。

波浪理论——1802年,捷克 F.J. von 格尔斯特纳发表了深水表面波的理论。1839年,英国 G. 格林建立了小振幅波理论,并



导出了以波长表示的相速公式。1847年,英国 G.G.斯托克斯建立了有限振幅波理论和小振幅内波理论;1876年又提出了与波动能量传播有关的群速公式。

环流定理——1898年,挪威 V.皮耶克尼斯推广了理想斜压流体的环流定理,发表了适用于旋转地球上的环流定理。

1857年,英国 W.汤姆孙(开尔文)首先导出了深海海水的绝热温度梯度公式。

海洋声学研
究——1826年,瑞
士 J.D.科拉东和法
国 J.C.F.斯图谟在
日内瓦测量了声在
水中的传播速度。
1912年,美国 R.A.
费森登设计并制造



了一种新型的动圈换能器,从而制成第一台水下发信和回声探测设备。此后,又开始了声在海洋中的传播规律的研究。

海洋电磁理论——1831年,英国 M.法拉第发现了电磁感应现象,并于1832年指出,在地磁场中流动的海水,就像在磁场中运动的金属导体一样,也会产生感应电动势;1851年,英国 W.H.渥拉斯顿在横跨英吉利海峡的海底电缆上,检测到与潮汐周期相同的电位变化,证实了 M.法拉第的预言。

海洋物理学的内容:

海洋物理学的主要研究内容如下。

(1)研究海水各类运动和海洋与大气及岩圈的相互作用的规律,为海况和天气的监测及预报提供依据。

(2)研究海洋中的声、光、电现象和过程,以掌握其变化和机