

高等学校教学参考书

物理化学教学文集

(二)

理科化学教材编审委员会物理化学编审小组

高等教育出版社

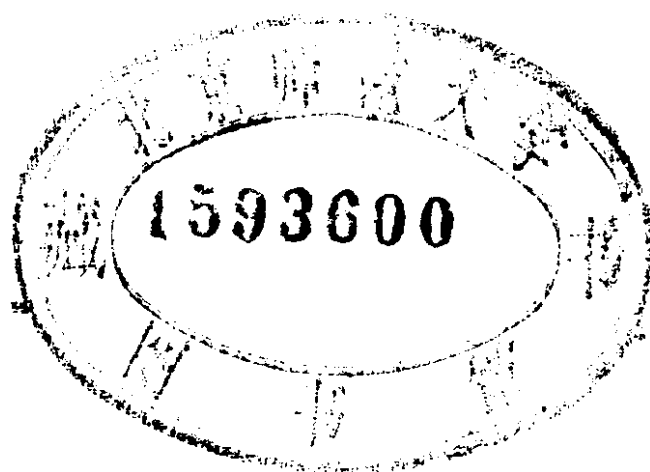
高等学校教学参考书

物理化学教学文集

(二)

理科化学教材编审委员会物理化学编审小组 编

541/209/27



高等教育出版社

内 容 提 要

国家教委理科化学教材编审委员会物理化学编审小组 主编的物理化学教学文集(二)内容包括:专题综论、物理化学教学研究、物理化学基本原理在生产实践中的应用、物理化学实验的改进、研究生入学试题分析、自学物理化学参考材料的推荐及一些科学家治学态度和方法等。

文集(二)中有唐敖庆教授、顾翼东教授、张江树教授等的撰文共 34 篇,可供从事物理化学教学的理、工、师范等高等学校教师参考,高年级学生及研究生亦可作为学习物理化学的参考用书。

高等学校教学参考书

物理化学教学文集

(二)

理科化学教材编审委员会

物理化学编审小组 编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 14 字数 330 000

1991 年 8 月第 1 版 1991 年 8 月第 1 次印刷

印数 0 001—1 280

ISBN7-04-003474-3/O·1051

定价 6.05 元

前 言

理科化学教材编审委员会物理化学编审小组为了提高物理化学和实验课程的教学质量,交流教学心得和教学经验,促进各校物理化学和实验课程的教学改革,调动广大师生教与学的积极性,在高等教育出版社的支持下,自 1983 年起决定不定期地出版《物理化学教学文集》,其主要读者是委、部属及各省、市、自治区理工科、专科院校中进行物理化学教学的师生。“文集”第一册已在 1986 年底出版,受到广大师生和读者的欢迎,他们认为文集对他们的教学有很大的帮助,通过文集不仅学到了各校成功的教学经验,丰富了自己的教学内容,而且通过文集也可以体会到各校对物理化学和实验课程教学改革的动向,尤其珍贵的是文集还登载了我国著名物理化学教授们的综论性文章,给读者以深刻的启示。读者纷纷反映文集的出版对他们的教学得益匪浅,要求物理化学编审小组将这项有深远意义的工作,继续坚持下去。

理科化学教材编审委员会物理化学编审小组,本着办文集的宗旨,在确保论文质量的前提下,于 1985 年起开始筹集《物理化学文集》(二)的组稿和审稿工作,又一次得到高等教育出版社的大力支持。文集(二)的体例不变,仍有综论、教学研究、实验改进、大学生园地等栏目共 34 篇。理科化学教材编审委员会主任委员唐敖庆教授又亲自撰写综论性文章,对理科物理化学课程的教学,从学科发展动向教学内容的改革到如何教学等均给予了宝贵的指导。副主任委员傅献彩教授,编审小组组长韩德刚教授、编审委员邓景发、印永嘉教授等主持了文集(二)的组稿、审稿工作、高等教育出

版社化学编辑室对这项工作十分重视，责任编辑协助编审组做了许多的工作。因此《物理化学教学文集》(二)的出版，可以说是理科从事物理化学教学的同志们团结向上，共同努力的成果，也是广大从事物理化学教学的同志们精心教学 and 良好学风的体现。理科物理化学编审小组相信，文集的继续出版，必将对物理化学和实验课程的改革，继续起到积极、促进的作用。

理科化学教材编审委员会物理化学编审小组，殷切地期望从事物理化学教学的广大师生，继续研讨教学规律，认真总结教学经验，努力提高物理化学和实验课程的教学质量，为培养人才作出更好的贡献。

敬请读者对文集(二)批评、指正。

理科化学教材编审委员会

物理化学编审小组

1990年9月

目 录

前言	1
综论	
物理化学教学中的几个问题(唐敖庆)	1
物理化学教课的一些回忆(顾翼东)	15
关于学习和讲授物理化学的几个问题(张江树, 张文殊)	22
教学研究	
采用“巴”作为标准态压力对标准热力学函数数据的影响(陈瑞华)	29
热力学第三定律不同说法的等效性(印永嘉, 袁云龙)	48
从热力学研究过程的两种方法讨论基本关系式及全微分式的 应用条件(赵叔畴, 伏羲路)	58
热力学标准态及化学反应的标准热力学函数(朱志昂)	65
微量热化学及其应用(谢昌礼, 徐桂端, 宋昭华, 屈松生)	90
相变及化学反应体系的热容(高执棣)	102
恒压相图中有关紧邻相区及其边界关系理论的若干应用(赵慕愚)	112
利用二元相图计算物质的熔化潜热(李文超, 周国治)	129
关于开尔文公式的推导(吕瑞东, 刘国杰)	140
关于“溶液”内容的修订意见(姚允斌)	152
略谈 pH 标度的意义及其应用限度(李国铮, 印永嘉)	162
Boltzmann 分布律及热力学基本关系式的统计诠释(苏文煨)	177
生物活性的热力学(许海涵)	189
过渡状态理论的发展过程(沈文霞)	205
快速反应研究方法简介(李大珍)	226
气液色谱在溶液研究中的应用(郑国康)	245
化学动力学中的稳态和速度控制步骤(高倩蕾)	271
在物理化学课程中有关胶体化学教学的一些看法(戴乐蓉)	280
吸附量定义的探讨(曾昭槐, 陈志行)	286

Rayleigh 散射公式讨论(李锦瑜,曾道刚).....	296
-------------------------------	-----

实验改进

推荐一个三组分盐-水体系相平衡的实验(改良合成复体法)

(屈松生, 谢昌礼).....	306
丙酮-氯仿二元系气-液平衡数据的计算机检验和关联(卢文庆).....	315
等位计和蒸馏仪的改进(南京化工学院物理化学教研室).....	329
一种测定比热的新方法(詹曙光, 杨明利, 秦自明, 邓郁).....	333
粘度法测定蛋白质的等电点(刘衍光, 姚沁).....	339
拉片法测定液体的表面张力(张世文, 宫永宽, 胡德胜, 任乃林).....	344
溶液表面吸附的测定——滴体积法测表面张力(殷群, 孙尔康).....	354

参考资料

有关状态变化的计算(顾翼东).....	367
最近几年 CGP 物理化学试题及参考解(邓景发).....	380
物理化学教学参考资料(孙德坤).....	415

大学生园地

关于溜冰问题的物理化学解释(屈德扬).....	440
-------------------------	-----

综 论

物理化学教学中的几个问题^①

唐敖庆

上海交通大学创造了很好的条件,做了种种准备,使这次会议能在这里圆满地进行。我代表吉林大学向交通大学表示衷心的感谢。各位代表各位老师工作都很忙,在百忙中抽空前来参加这次“物理化学研讨会”,我表示衷心感谢和热烈的欢迎。

我在“文革”前曾多次开过物理化学、结构化学等课程。然而在文革后没有给本科生讲过课,只给研究生开课,包括量子力学、量子化学、量子无机化学、微观反应动力学等。因此,实际上近年来对大学物理化学教学脱离较久,好在在座有好多位长年从事物化教学工作,他们会做很好的报告,如韩德刚教授、印永嘉教授等。我的这个发言就作为抛砖引玉吧!

我准备讲物理化学教学中的三个问题,第一个问题准备谈谈物理化学的内容;第二个问题谈谈物理化学教师的业务修养;第三个问题则谈谈物理化学教学方法中需要认真考虑的几个关系问题。

一、物理化学由三个部分组成,即化学热力学、化学动力学及物质结构。这些都是在长期的科学发展中形成的,同时随着科学

① 本文是唐敖庆教授于1986年10月21日在上海交通大学和吉林大学联合召开的校际物理化学教学研讨会上的发言。

不断的发展而在增添着新内容,其本身亦在不断地发展着。

化学热力学来自物理学中热力学基本原理,即热力学第一、第二定律。到 20 世纪初,低温工作的发展导致了热力学第三定律的发现,但总的说来,第三定律赶不上第一和第二定律那么重要。热力学第一及第二定律早在 19 世纪初已建立,但对热力学第二定律的表述方法则经过比较长的时间的发展,大家知道热力学第二定律有许多讲法,克劳修斯(Clausius)的讲法、普朗克(Plank)的讲法、卡诺(Carnot)的讲法等等,后来再完整一点,三个定律都用数学形式表达得很严格,那就是喀喇氏(Caratheodory)的讲法。这是第二定律表述方法的发展过程,作为热力学前两条基本定理则早在一百多年前就发现了。不过热力学基本定律应用到化学有个过程,形成化学热力学要到 19 世纪末,20 世纪初,其中作出最大贡献的当推吉布斯(Gibbs),他引进了吉布斯自由能。特别是化学势,使化学有了很大的发展。包括化学平衡、相平衡等及很多平衡态的化学现象,都可以用吉布斯所形成的一整套方法来处理。所以有人说真正美国的第一个理论化学家就是吉布斯,他在数学上的成就也相当出色,在向量分析、张量分析等方面作了很多的工作,但是他最大的贡献是将热力学基本定律应用于化学上,在我看来其中最重要的是引进了吉布斯自由能和化学势,利用这些概念可以讨论化学中一些问题。

化学动力学的出现较迟,其中很重要的一个部分是质量作用定律,它是在 19 世纪 80 年代,由阿仑尼乌斯(Arrhenius)的工作得到的;第二个重要部分也是阿仑尼乌斯的贡献,那就是反应过程的活化态,这种活化态和活化能的概念是阿仑尼乌斯首先提出的。所以化学动力学的形成亦在 19 世纪末,但总的说来比化学热力学迟一些。

关于物质结构部分,化学学科的发展和生物学不一样,生物学

科是从分类开始的:从达尔文(Darwin)的进化论到细胞学说,然后到亚细胞的水平一直发展到分子生物学的水平。从很宏观发展到亚微观,微观。化学学科则不同,化学一开始就从原子、分子的概念讨论一些问题,道尔顿(Dalton)原子学说,麦克斯韦(Maxwell)分子运动论,盖吕萨克(Gay-Lussac)的气体定理,以及早期的定比定律,倍比定律等等都是从原子、分子角度来讨论问题的,然而当时对原子、分子只是一个很粗糙的看法,以为物质存在的最基本形式是分子、分子是由原子组成的,但对分子如何由原子所组成,原子的结构如何,当时是无法知道的。直到19世纪发现了电子,20世纪初经过罗瑟福德(Rutherford)的重要实验,发现了原子核,确立了原子有核模型,认识到原子结合为分子是由电子运动产生的一种结合力——化学键形成的。所以对物质结构来说,除了早期的道尔顿原子学说和19世纪中期的有机分子中碳原子为四价和苯分子的结构,可作为物质结构的一个小部分外,真正的物质结构出现是在发现了电子,知道了原子核的结构,出现了量子力学,掌握了微粒子的运动规律,以及知道了原子构成分子是由于形成化学键以后。所以物质结构作为物理化学的第三个组成部分实际上在1924年量子力学形成以后。旧的量子论是普朗克在1900年提出的,从黑体辐射理论提出能量是不连续的。其后经过一个旧量子论时代,直到1924~1926年,海森伯格(Heisenberg)、薛定谔(Schrodinger)、狄拉克(Dirac)等把量子力学的规律揭示出来,接着海特勒-伦敦(Heitler-London)用来讨论 H_2 分子,伦敦用于讨论三电子体系,讨论范德华(van der Waals)引力中的伦敦力等一系列工作出来了。物质结构作为物理化学的第三个组成部分就形成了。所以构成物理化学的三个组成部分发展到比较成形,实际上整个经历了一百多年的历史。在形成过程中还有其他部分加入到物理化学中,其中最重要的是经典统计力学,它是19世纪

中期波兹曼(Boltzmann)的工作。统计力学是必然会产生, 因为许多物理学家研究了宏观现象, 而物质是由分子组成的, 分子在不断运动着, 人们必须从分子运动的规律来解释观察到的宏观物理现象, 如状态方程、物态(气态、液态、固态, 当然今天还有非晶态、液晶等)。因此需要考虑如何根据牛顿(Newton)运动规律, 从分子运动出发, 加上统计的处理来解释宏观的现象。这就是在 19 世纪发展起来的统计力学。统计力学是宏观与微观的桥梁, 真正要把微观量与宏观性能联系起来, 很重要的是要靠统计力学。统计力学用于化学就形成统计化学热力学, 它最重要的核心是配分函数。有了配分函数, 再用上微观结构可测出能级和简并度等概念, 就可以计算宏观热力学函数, 从而可以讨论许多宏观问题。这样, 热力学开始发展到化学热力学, 后来统计力学用在化学热力学发展成统计化学热力学。所以经典物理化学的三个部分实际上包含着化学热力学及与其结合在一起的统计化学热力学, 再加上动力学, 物质结构。

随着科学的不断发展, 上述三个组成部分也在变化, 特别是在最近四五十年来变化很大。从第一个组成部分来看, 从化学热力学到统计化学热力学、进一步发展到非平衡态统计热力学。非平衡态统计力学, 其发展标志是 70 年代普里高津(Prigogine), 因其在非平衡态热力学方面的工作得到了诺贝尔奖金; 以及 1982 年威尔逊(Wilson), 因其在相转变理论上的工作得到诺贝尔奖金。应该说这是标志着非平衡态热力学、非平衡态统计力学已经达到了比较完善的程度。这两个学科建立起来了, 我在这里年龄最大, 我看到了非平衡态统计力学是怎样一点一点形成的, 这方面的最早工作应该是昂色格(Onsager)的工作, 昂色格倒易关系指出了相互有联系的非平衡态现象的系数之间有何关系。但昂色格的贡献还不能说是非平衡态统计力学已经建立, 只能说是个开始。非平

平衡态统计力学的建立是 50 年代的工作,当时的化学物理杂志上讨论非平衡态统计力学的文章很多,主要是两个大派,一派是科克伍德(Kirkwood),他和昂色格都在康奈尔(Cornell)大学。科克伍德是很好的统计力学理论物理学家,他企图把平衡态统计力学发展到非平衡态统计力学,用一整套流体力学方程等来讨论。另一派是格林(Green)和他的学生科白(Kube),他也做了一大套非平衡态理论工作。当时还分辨不出哪一个人的工作重要,认为都很重要。实际上现在非平衡态统计力学已建立起来了,回过头来看,还是格林和科白的工作重要。因为他们都比较早地抓住了关键性问题。这里告诉我们,从一门科学的发展历史可以总结出一些经验:要抓住关键性的问题。对于平衡态统计力学,关键性问题是配分函数,配分函数一抓住,宏观与微观的桥梁就建立起来了,而非平衡态统计力学的关键性问题是什么呢?看来,是时间相关函数,因为非平衡态有时间概念,事物发展到现在是与过去的历史相关的,此后还要发展下去。所以非平衡态统计力学的核心是时间相关函数,有点像配分函数是平衡态统计力学的核心。这一事实使我们想到,在做科研工作时要抓住最主要的问题。我们比资本主义国家有利的一点是,我们有辩证唯物主义世界观、方法论来指导,这使我们应该更容易抓住本质问题。普里高津发展了非平衡态热力学,但更重要的趋势是发展非平衡统计力学,其核心就是时间相关函数,可以说,从 50 年代发展到 1982 年威尔逊得到了诺贝尔奖金。威尔逊得奖是因为他考虑了相转变理论中最根本的问题是什么,用重整化群来讨论相转变理论中的一个最根本问题。威尔逊是老威尔逊的儿子,最初是康奈尔大学副教授,做相变理论工作,但是,多年没有结果,当时副教授职务没有保证,康奈尔大学每年讨论哪些人没有做出工作,应该辞退。威尔逊也在辞退之列。幸有一位大物理学家彼得(Bethe)出来说话,他指出威尔逊处理的问题

题很难,要付出艰巨的劳动,他本人很有才能,看来能够解决问题,现在只是时间还不够,因此,威尔逊未被辞退,并在8年后终于获得诺贝尔奖金。所以研究一些大问题必须要持之以恒,锲而不舍,坚持下去才能搞出名堂。以上说明,物理化学的第一个组成部分,今天已发展到非平衡态热力学,非平衡态统计力学,其中更重要的是非平衡态统计力学,我相信不久的将来会有非平衡态化学统计力学出来。

第二个组成部分的发展。原来化学动力学是宏观的,一般要求解一套联立微分方程。一般来说是非线性的,很难解。通常用波登斯坦(Bodenstein)提出的稳定态理论可以解一些方程,现在有了计算机,解决宏观动力学方程应该更容易些。但从微观角度看,反应物及生成物都包括了各种态,有很多振动态与转动态在内,实际上有个统计平均的问题。真正从微观角度来研究动力学,就是微观反应动力学,实际工作是从70年代初开始的。今年的诺贝尔奖金被李远哲及其老师获得,他们用交叉分子束,激光新技术研究微观反应动力学。李远哲是台湾大学毕业的,到加州大学贝克分校,老师建议他搞交叉分子束。分子束技术在40年代就有了,但用来研究分子反应要用交叉分子束,这样研究态-态反应,不是多种态的反应。研究从某一态到另一个态的反应。要有激光技术,激光技术在60年代出现,它与分子束技术结合在一起可以研究分子反应,研究分子态-态反应。我三次看到李远哲,他告诉我他的一些研究工作,当时我就认为他的工作要得到诺贝尔奖金,但想不到今年就得到了。当时华裔学者获得诺贝尔奖金已有三人,我那时想第四人很可能就是李远哲。去年我知道他搞交叉分子束得到很有意义的结果。现在李远哲得到诺贝尔奖金就表明微观反应动力学这一学科已达到了成熟的地步,这是化学动力学发展的一个方面。另一个方面是表面化学,研究催化就要研究表面

化学,因为多相催化反应是在表面几个原子层区域中形成的,真正研究表面化学实际上也是在70年代形成的。当然原来亦有表面化学。胶体化学亦讲表面化学。但那是比较宏观的表面化学。当时实验仪器不允许测定表面的进程究竟如何?分子吸附上去后分子态如何等等。真正能做实验要有测定表面结构的一套设备,如俄歇、低能电子衍射、光电子能谱等。1977年我访美,在加州大学参观了两个最好的实验室,一个就是李远哲的实验室,是搞微观反应动力学;另一个是索马加(Somorjai)的实验室,是搞表面化学、搞催化的。当时索马加给我印象很深的一句话是他说:“真正搞催化理论工作是从70年代开始,原因是70年代以前没有测定表面的手段,理论是建筑在实验数据基础上的,而当时的实验本身很粗糙”。真正好的实验,从三维化学到二维化学——表面化学是70年代开始的。所以现在化学动力学的发展有两个很重要的方面,那就是微观反应动力学和表面化学,这是第二个组成部分。

第三个组成部分物质结构也在不断地发展,可概括为结构化学与量子化学。结构化学包括X射线晶体衍射方法、电子衍射的方法、分子光谱的方法和核磁顺磁共振方法等,激光的出现对分子光谱起很大的推动作用,使分子光谱法达到很高的水平,衍射方法的发展使测定晶体结构比较容易了,一些大分子、复杂分子的空间结构都能测出来。磁共振技术和理论的发展,也都很快,量子化学这些年来发展迅速,很重要的就是计算量子化学。许多以前无法计算的,不但现在可以计算,而且可以计算得很精确。李远哲曾说,他的实验工作与贝克莱分校有很强的量子化学组是分不开的。他们结合了他的实验工作做了计算,只要计算得更精确,与实验结果符合得就更好,甚至计算结果可以帮助他设计某些实验。所以量子化学现在大大的发展。一方面本身在发展,另外量子化学对其他化学学科渗透得很厉害,向所有化学的各个分支学科渗透,例如,有机、

无机、高分子和分析化学等,许多量子化学的概念、结论、计算方法都用上去了。所以第三个组成部分发展到结构化学和量子化学。

以上告诉我们经典物理化学的三个组成部分:第一部分化学热力学和统计化学热力学已扩展到非平衡热力学、非平衡态统计力学;第二部分化学动力学扩展到微观反应动力学和表面化学。第三个组成部分物质结构发展到结构化学、量子化学。所以物理化学的三个部分有个逐步形成的过程,它们同时又在不断地丰富发展之中。

所以物理化学这门学科课程确实需要改革。如何在经典物理化学内容中逐步增加一部分现代物理化学内容,是我们当前的重要任务。如上所述,现代物理化学的重要内容还在发展中,我在40年代读黄子卿先生教的物理化学时,没有化学势的内容,当时这部分内容是放在更高级的课程中。五十年代以来化学势放入了物理化学的内容中,给我们讨论化学平衡、相平衡带来极大方便,扩大了这个领域。从发展趋势来看,今天现代物理化学的重要内容也总是要选择一部分合适的充实到经典物理化学中去的,原来化学热力学讨论的是平衡态(静态),现在发展到非平衡态。化学动力学本来是研究动态的,从原来是宏观的发展到表面化学、微观反应动力学等。从这样一个发展趋势,可以看出是由宏观发展到微观,从平衡态到非平衡态。从量子化学和结构化学对二级学科的渗透,更可以看出来是宏观与微观结合、理论与应用的结合。因此从发展趋势可见,是从平衡态到非平衡态、从宏观到微观及理论如何更好地与应用结合。在处理物理化学教材时确实要处理好这三个关系,这三个关系处理好了,会大大地将物理化学改革推向前进。但是物理化学内容本来就很丰富,现在又要增加很多内容,如何搞好呢?我个人想法是:第一组成部分能否加进一章非平衡态统计力学,不要讲得太多,讲一点核心的东西就可以了。另外一章要加强的是平

衡态统计力学,本来平衡态统计力学是包括在物理化学内容中的,但以往对统计力学重视不够,实际上要处理好宏观与微观的关系,有一个关键问题是搞好统计力学,不处理好这一部分,很难沟通宏观与微观。理论与应用的沟通也有两个部分,一个部分如何从微观理论解释宏观现象,这也要靠统计力学。还有一部分是量子化学、结构化学已渗透到二级学科中去,能不能把渗透进去的重要部分加进物理化学,这也加强了理论与应用的结合。

第二组成部分是否可增加这样二章:一章结合催化,讲表面化学,要讲现代的表面化学,70年代以来成熟的表面化学;另一章,讲微观反应动力学,态-态化学。这两章研究一下,可以用多少篇幅。

第三组成部分是否可以加一章现代的结构化学,着重讲光谱与磁共振,因为晶体结构中已讲了衍射方法。对分析化学、有机化学与无机化学用途很大。至于量子化学,原来物质结构中已有量子力学基础、原子结构与分子结构。分子结构如何讲得更好些,包括光电子能谱各种谱学。我觉得加添现代物理化学内容可以考虑加进或加强这五章,由于增加了这五章,前面的内容就要减少,否则没有时间。物理化学内容需不断更新,现在看来就是要处理好平衡与非平衡,宏观与微观,理论与应用这三大关系。

以上想法可能很不现实,因为我多年来没有直接从事物理化学教学。这里谨作为一个意见,供大家参考。

二、物理化学教师的专业修养

在座很多是物理化学教师,我们要如何培养年轻的一代物理化学教师呢?除了在政治思想上要提高,使他们提高为人民服务的觉悟。之外,业务上应该怎样提高?从上面的分析来看,我认为让他们掌握下面的六门课程很重要,就是结构化学、量子化学、非平衡态统计力学、微观反应动力学、高等无机化学和高等有机化学。青

年物理化学教师应该在一定程度上掌握这六门课。现在国外读研究生要通过博士资格考试,主要是考化学基础,若考其他课程,则总会要考量子化学、高等有机、高等无机,实际上高等有机和高等无机的内容有相当一部分是属于量子有机和量子无机。同时不管研究生读哪一个二级学科,必须另外通过几门课程,其中量子化学、高等无机、高等有机总是有的。有的还要有结构化学,当然还没有到必须学非平衡态统计力学的程度,但是统计力学是要读的,而其中非平衡态统计力学的比重已经相当高了。所以我认为培养青年一代教师,在这六门课上要化工夫,有四门课程(结构化学、量子化学、高等有机化学、高等无机化学)国外已很重视,另外两门课程中非平衡态统计力学已在统计力学中占很大的比重,当然微观反应动力学现在还不到时候,不过作为物理化学老师,也应该掌握微观反应动力学。

原来教育部(现在的国家教委)组织过几次教师的培训工作还是很好的,三四年前请唐有祺教授办了结构化学进修班,二三年前又请韩德刚教授主持办了化学动学进修班。今年教委要我和北京大学的徐光宪教授和吉林大学孙家钟教授,江元生教授办了教师进修班,这个进修班实际所开的课程就是量子有机化学、量子无机化学、微观反应动力学,还有一门是威尔逊的相变理论,起的作用就是希望在这些内容上提高来参加进修班的教师的业务水平。现在看来还差的是非平衡态统计力学,很需要办班。物理化学教学水平的提高,最重要的是物理化学教师水平的提高,特别是年轻的一代。通过举办一些进修班可以起很大的作用,很有必要再开办一些进修班。

我国理论化学水平应该说还是可以的,主要反映在量子化学、计算化学,但统计力学,特别是非平衡态统计力学还是个空白。我们知道高分子化学这几年从弗罗利(Flory)理论上发展到标