



杨振宁教授谈怎样学科学

——对香港中学生的一次讲话



首先,我想同大家讨论科学中的实验技能问题,对人类来说,科学毕竟有百分之九十是实验活动,科学的基础是实验。那些特别擅长动手的学生应该把握住自己的优势,因为他们凭这种本领往往超过他人,在某些适当的科学领域中做最有益和最重要的事情。我想强调一下,一个人的动手能力是一种天赋,因人而异。我给大家讲讲我和我的儿子遇到的一件事。有一天,我们停车房的门推手坏了。我们俩爬上梯子,想查看一下停车房顶部的装置,哪里出了毛病。我们刚爬到那儿,他便说是一个小轮齿错位了。那年,他只有十五岁。我问:“你怎么知道的?”他不能告诉我,只是耸了耸肩。于是,我们在那个地方忙活了一阵就修好了,这件事表现出他对小实验发明的知解力,而我却没有。当然,我比他老练多了,但是在这方面他更富有洞察力。他在数学方面不如我,而且也比不上在他那个年龄的我;可是他显然具备其他天分。现在他成了一名实验化学家。

在我接触到的许多人中,有一些人非常善于动手,并对事物的来龙去脉有良好的直觉。我希望你们,也希望你们的家长和老师努力去挖掘和培养你们每个人所特有的这种才能。有这方面才能的人,具备了能够在各种实验科学领域大显身手的优良素质。我之所以特别强调这一点是因为在香港这样深受中国传统文化影响的教育环境中,不重视这种特殊才能。我近些年多次访问中国,我感到这个问题实际上也是许多中国教育工作者所关心的问题。你们大概知道在中国大学入学考试很难。中国的考试制度,或者说在中国文化影响下的社会考试制度,似乎会歧视那些特别擅长动手的人,而那些懂得怎样动手的人恰恰是中国最需要的人才。中国也需要考试成绩好的人,但依我看,更需要那些能做事、能立业的人才。

科学需要的通才的另一个特点是对诸如计算机程序设计这类事物有足够的兴趣。美国所有的大学教授都知道,在大学一年级的学生中,有些很有设计计算机程序的天赋。他们做事非常快,学得非常快,而且他们编写非常复杂的程序的能力是惊人的。这无疑也是才能发展的一个新方向。随着计算机在社会中的作用日趋重要,这样的人在将来会比过去十年有更多的领域施展才能。

由于计算机的应用,许多新的科学分支应运而生。我仅举两个很简单的例子。一个是计算机断层X线照相术(Computerized tomography)。大家也许知道,七八年前塔夫特(Tufts)大学的一位理论物理学教授因提出了制作CAT计算机轴向断面扫描仪(Computerized Axial Tomography)在理论上的可能性而获得了诺贝尔奖。现在这是一种被广泛应用的、很重要的医疗仪器。其想法如下:假定医生想要确定病人脑内某块肿瘤的位置。传统的办法是拍一张X光照片,它大致可以给出什么部位可能有肿瘤。你可以从另一个角度再拍一张照片,这样就得到脑的立体图象。这位教授的设想是:用计数器而不是胶片来实现以电子学方法记录射线的强度,然后绕头部旋转射线源和检测器,取得另一组数据。假设你有十个计数器,并且可以把它们一起旋转到十个不同位置,你总共就得到 10×10 即100个数据。你把这100个数据用式子算一下就会知道脑内的密度分布。这就是CAT的主要思想,十年前就已实现。现在CAT扫描仪广泛应用于所有医院,特别是脑专科医院。这一伟大的贡献在于我们几乎可以给脑瘤精确定位。在CAT出现之前,如果一个人患了脑瘤并开了刀,医生不能准确确定肿瘤的位置。所以为了保险起见,医生不得不取出一块较大的脑组织,直径有几个厘米。这当然非常危险,因为不应该触动太多的脑组织。那么,现在医生由于能够精确定出肿瘤的位置,每次只需取出直径几毫米的脑组织。这当然是一个很大的进步。

另一个深受计算机影响的例子是计算机分类学。分类学是一门将动植物分门别类的科学,这是产生于中国和西方的最古老的生物学分支之一。但是在本世纪初,因为缺乏分类的新途径,这门学科几乎走头无路。二次大战后,大容量计算机问世,人们开始有了如下思想:如果有两种不同的植物,你想识别它们是否有联系,你可以对每种植物列出,比如说,50种特征:A有多高,B有多高;A开什么样的花,B开什么样的花;它易于在干燥或潮湿气候中生长,等等。有了以

注:这是杨振宁教授一九八三年二月十九日对香港中学生的一次讲话。本文由南开大学闵柯宁根据英文原稿翻译而成,本刊作了删改。

50个不同方面进行测量的数据，就可以用50维空间中的一点代表一种植物。现在，在这个基础上，如果你只凭头脑去想象，是不能准确区分两种植物的远近关系程度。但是如果有一台电子计算机，你就能用标准的数学方法，看出它们是否属于同类了。换句话说，如果你有成千上万棵植物，每一种由50维空间中一点代表，你借助于计算机便可以看出这些点是否属于同一分支，或者分属几个不同的分支。如果你把这50维空间投影到比如说二维空间，那么这些点是不分开的，它们聚集在一起。但是，如果用计算机进行分析，以各种非常复杂的方式旋转这个50维空间，然后从其中几个方式进行观察，就可以将这些点很好地区分开来。我相信你们在观察果园里一排排果树会有这种体会，当你没有以合适的角度去看这些果树时，它们排列得有点乱。但是当你从某个特定的方向去观察，它们是成行的。分类的道理也是相同的，只不过空间维数要高得多，这已使分类学领域发生革命性变化。事实上，人们发现19世纪的有些分类是完全错误的。有些植物曾被认为彼此密切相关，但是，采用新技术进行分类，发现它们原来完全不同，彼此毫无联系；而另一些植物，由于它们某些表面特性被认为是无关联的，却被证明关系密切。因此，你看，人们利用计算机就能够发现以前不可能发现的科学事实。现在证明有许多年轻人在使用计算机方面很有天赋，如果你是其中一员，我认为你应该重视这一特长，因为这可能为你自己开拓一条特殊的发展途径，不但能够从中找到你的事业，而且更令人振奋的是它会给你指出一条使你能对某些科学分支的发展产生深远影响的革命性方向。

我想同样强调的另一点是，有许多年轻人喜欢收集、分类和整理各种各样的东西。我要强调的是，这也是一种才能，不是每个人都能做到的。我相信大家知道一些人比另一些有更高的组织能力。我不是最好的组织者，不过，我常希望自己的组织能力有所提高。但是有人天生就是组织者，如果你是其中一员的话，我希望你抓住这个有利条件，因为大量科学知识最终要系统化。因此，你们那些喜欢对事物加以系统化、有一定系统化感的人同样应该抓住这一点，因为它会引导你走向非常有益和重要的新的发展方向。

同样，有许多人喜欢解决问题。不是每个人都喜欢解决问题，也不是每个人都具有相同的解决问题的能力。但是解决问题非常近似于科学研究。我不知道你们是否喜欢玩拼板玩具。如果你玩过拼板游戏并且仔细思考一下，就会发现解决一个拼板问题很像攻一个科学难题。我给大家讲具体的几条来说明这种相似之处。你们都知道要做的是拼出大幅图案。现在我一遍又一遍地拼着，即使有时我认为这全是白白浪费时间。（但是话又说回来，你不是在这方面浪费点时间，就是在那方面浪费点时间，因此你倒不妨在拼板玩具

上费点时间！）当你拼板的时候，一般来说开始会拼得比较顺利，但过一会就完全难住了。有几片重要的板，你找不着。科学研究的进程也是如此。开始，你着手工作时可能相当容易入手，可不久你就没主意了，给你难住了。关键是坚持，但不一定只拘泥于一种领域。我相信你如果是拼板的好手，就会有这样的体验：常常在你寻找一个特殊问题的答案时，你找到某一片板，突然意识到这就是一个小时以前所寻找的。然后，你用这片来解决一小时前研究的问题，常常出乎意料漂亮。这就是科学发现的规律。实际上，大概70年前，伟大的数学家彭加勒（Poincaré）就在一些很有见解的文章里对此作过详尽阐述。当你思考数学问题时，时常会整个难住了。重要的别就此止步，同时还要将其放在一边不管。“搁置法”是彭加勒的术语。搁置法可以使你从目前的难题中摆脱出来，但这并不意味着你的大脑不再思考它了，也许它已经进入你意识的一个不同的层次。当你不再想这个问题而想着别的什么的时候，你会灵机一动，想出一个主意：在下意识中你一定仍在想着它，一经正确的概念组合，你就会解决这个原先的问题。彭加勒举了他的一些重要的数学发现作为例子，说明他如何用这种方法得出它们的。我完全赞同他的这些分析。现在心理学家们已经讨论了这个问题。我想大家公认作为一种现象它确实存在，但我认为他们还是没有彻底了解它。

解决拼板问题也不要试图一下子拼出完整答案，这常常是太困难了。你先处理局部问题。这和你在这几片拼好一小片，在那儿拼好一小片，在别的地方再拼一小片，突然之间，你找到一片单板可以把几个已拼好的小片连接在一起，此时你的兴奋心情是难以形容的。而这正如你找到打开科学发现宝匣的钥匙时所产生的兴奋心情。在科学上，你既要从事体上、战略上考虑问题，也要从局部上、战术上考虑问题。从局部上，你解决小问题，可是要把它们联成整体，这时你就需要一个重要的思想。找到这个思想就像拼板游戏中找到几片联接板一样。所以我说，用于解决像拼板游戏或其他难题这样问题的才能或经验，也是一种人们可以培养的才能或经验，这种经验在某些方面和科学研究非常类似。

我想向你们强调的另一点是：培养博览群书的习惯是很有益的。（尽管也许不是绝对必要。）20世纪的科学在各方面都取得了令人惊叹的进步，而且科学正在以惊人的速度不断开拓新领域。所以没有什么人能什么都懂。那么在这种状况下，你有几种不同的选择。你可以说，我要倾全力于某个狭窄的领域，因为想要什么都懂是不可能的，想要什么都懂必然是浪费时间，但你也可能持另外一种不同的看法，说，我要扩大知识面，有广泛的兴趣。我认为后者一般来说更容易成功。这当然只是一个一般的建议。对于不同环境中不同的

人来说,这个建议也许不恰当。但是我想强调,正是因为科学在朝着许多方向发展,那些被忽视的科学领域很可能属于边缘学科,而且也许最终会成为最重要的发展领域。如果一个人年轻的时候就已经对几个科学领域感兴趣,那么他以后就会有更有发展前途。CAT 扫描仪就是一个很好的例子。那位理论物理学教授不仅对物理感兴趣,对计算机技术也感兴趣,他还对医学感兴趣,因此他就产生了那种设想。一旦这种想法产生了,我想大家会说自己太笨了,以前怎么就没想到过。但是,他之所以有这种设想并不一定是他比别人更聪明,而是因为他比别人的知识面广,他通晓几种学科,因此当所学的东西成熟时,就会正确地利用它们。

我发现《科学美国人》(Scientific American)杂志最有趣,也许它是这种杂志中办得最成功的。它面向大学生和老师以及同等水平的读者,在美国每月发行一期,并译成约十种文字。在中国大陆是逐期翻译的,我不知道在香港能否看到。我希望你们的图书馆应该中英两种文本都能有。因为这个杂志是邀请专家撰写的,概括介绍各个领域内各种新的科学发展,所以办得很成功,每期发行几十万份。对于这类杂志来说,这是很大的发行量了。事实上,《科学美国人》成功的本身就是一个非常有趣的故事。《科学美国人》早在100年前就已经出版发行了,但在二次大战结束的时候陷入严重的经济困难,几乎破产。后来有三个二十多岁的年轻人认为他们可以办好一份科学杂志。于是他们借了一万美元买下了这个杂志社。因为这个杂志社当时正处于严重的困难之中,所以很便宜地卖给了他们。而他们的想法只是改变一下编辑方针,不是让编辑写文章,而是让从事各种各样科学研究的人自己写。这个主意妙极了。不出两年,杂志就办成功了。从此,其规模飞速发展起来。如果你想阅读其中一篇文章,开始你会觉得困难。这是因为,尽管它是为普通非专业读者写的,但是,比如说,除非你是个生物学家,否则你就会发现有关生物学的文章中有很多术语很陌生。开始你理解不了。我的建议是,不要怕,要坚持。每期有12篇文章,你不必全读,只读其中的一部分。这样坚持比如说半年,你就会对其中某些文章内容熟悉了。大家知道这本杂志涉及整个科学领域,所以你们对计算机特别感兴趣的人就会觉得与计算机有关的文章有意思,也好读;对生物学感兴趣的人会发现对诸如神经科学、遗传工程等学科的新进展有一定程度的了解。随着你不断阅读这类文章,你会了解得越来越多。我认为这个建议对你们很有好处,我曾向美国许多大学生提出过这个建议,后来他们很多人告诉我这个建议的确很好。

(编者注:杨先生关于数学部分的谈话,因篇幅所限而删去。)

(杨先生谈完数学问题后,指出)有些人不想去熟

悉一个学科的基础(例如,熟悉了群数是数论的基础),不想去熟悉前人已积累的知识(他们想要做出实际贡献所必备的知识),而想跳过这一步,迫不及待向前跃进,想一下迎战最现代的问题。这样是绝不会成功的。你要反复学习人们过去研究过的各种思想概念,当你把这些思想融汇贯通之后,你会看到前人所未有看到的东西。如果你还未熟悉前人的成就,要想跳到最前沿水平,作出真正的贡献是绝不可能的。

下面我想给你们写下这样一句话:“初生之犊不畏虎。”也许很难将它译成英语,可以直译成:“young calf does not know enough to fear the tiger. 这是个非常重要的概念,我之所以在此特别强调这一点,是因为我认为传统的中国文化不提倡这一点。我认为华生(Watson)写的《双链结构》(Double Helix)是一本真正优秀的通俗读物。华生和克里克(Crick)在20世纪50年代初对遗传物质DNA的结构有了深刻的发现。他们考察了富兰克林小姐(Franklin)拍的几张X光照片之后,率先提出了DNA分子是双螺旋链式结构的设想。我无需强调这个发现的重要性,我相信若干年之后人们会把它看成是20世纪生物学最重要的发现。在60年代华生写了这本通俗读物,描述了他与克里克的经历。这本书很精彩,非常生动地阐述了(虽然没有直接这样说),那些知识虽不太丰富,但有强烈热情。无所畏惧、敢于涉足新领域而不被束缚的年轻人是搞科学的好材料。事实上他在书里所讲的一些事吓坏了许多因循守旧的人。他们或者认为他不道德,或者认为他愚蠢,或者认为他太冒险。当时发表了许多书评,有些就是这种论调,其中一篇书评是一位从欧洲来到哥伦比亚大学的教授写的,他是位学识渊博的学者。《双链结构》是用通俗的美国式英语写的,而这篇书评是用受过典型欧洲式教育的非常学术性的、非常深奥的语言写的。这个对比本身就很有趣,因为依我看,这对比显然使华生正中下怀:所以嘛,你们这些学识渊博的人可以搞科学,没有这么高深学问的人也可以搞科学。只要你有这种力量,有这种精神,敢于冒险,无所畏惧,能深入钻研非常复杂的事物,你就会有重大的科学发现。所以,如果你们还没有读过华生的这本书,我把它推荐给你们。我并不是建议你们一定去照搬他们的模式,因为其中一些不是那么值得赞美的。但尽管如此,从这本书里我们可以吸取一个教训,而且这个教训对于一个中国血统的听众来说也许尤其重要。因为正如我所说的,中国的传统观念太倾向于崇拜权威,而不鼓励年轻人开创出新路子。

我一贯强调的与此有关的一点是:渗透式地学习。你可以循序渐进地学习知识,也可以不采用这种而通过逐步理解进行系统化学习,这是很重要的,并且也是在中国文化中不受重视的。因此,重要的是,你们每个人要了解这一点,要了解到有另外的一种学习方

物理学对生物医学动态研究的一项贡献

——身体组份活体研究简介

张日清

在生物及医学的发展道路上,物理学原理与技术的进展曾起了很关键的推动作用。1665年显微镜发明家、英国的 R. Hooke 观察软木切片时首先提出了细胞这一术语,随着光学显微镜的不断改善,高分辨、高倍数电子显微镜的出现,使生物及医学的研究取得了极大的成就。1953年 Waston 和 Crick 根据光散射、偏振红外及紫外吸收,特别是 X 衍射分析结果提出了 DNA 的双螺旋空间结构模型。这个模型不仅可解释以前的实验结果及 DNA 的功能,更重要的是将生物学的研究推向一个新的研究高度——分子水平的研究。从上面二个例子可以看到,物理原理与技术的进展,特别是物理学家参与了生物医学的研究,对生物及医学研究有着重大的推动作用。本文将介绍 70 年代在国际上兴起,80 年代迅速发展的,以物理技术推动了生物及医学动态研究的新学科——身体组份的活体研究 (In Vivo Study of Body Composition)。因为它的出现对于老年学、宇航生理学、营养学及临床医学的动态研究作出了很大的贡献,而国内目前还是空白。

随着老年学、宇航生理、营养学及临床医学研究的

法,它也是值得引起你们注意的,中国有句格言说:“知之为知之,不知为不知,是知也。”这句格言的意思是你们自己应该知道哪些你明白,哪些你不明白,要把它们区分开。这意味着,如果你不知道哪些你不明白,不知道哪些你明白,那么你就会把所有的事情搞糟。这一观念有它的效力,但我想强调的是,这个观念也有其很大的缺陷。如果一个人受其影响太深,他或她就会受其阻碍。每个访问美国并同美国青年人交谈的人都会立即明白这一点,因为美国的教育恰好持相反的观点,所有的年轻人脑子里都不时会冒出各式各样的想法;假如你同他们交谈一会儿,就会发现他们只是一知半解。但这没关系,他们仍旧充满热情。出于这种热情,从这些混乱的思想中,最终会蕴育出真理来,这是那些受那个观念束缚太大的人所不敢想象的。我清楚地记得,本世纪 40 年代后期在普林斯顿 (Princeton) 有一位作博士后的同事。他叫布鲁克纳 (Brueckner), 是一位非常出色的核理论学家。他提出一个思想而且经常谈论。我挺感兴趣,就和他详细讨论了几天。三天以后,我肯定他的这种想法是完全错误的,因为他回答不出任何问题。如果你问他一个问题,他第一天这样答,第

深入,对身体组份(蛋白质、脂肪及各种必需元素或有害元素等)的研究已由静态或局部测定发展到要求进行动态(随时间或外界因素,例食物、药物及失重等等)及全身的研究。对此传统的由局部取样后进行的离体 (In Vitro) 方法已不能胜任了。例如国际上十分重视的慢性低剂量铅摄入对儿童生长及智力发展影响的研

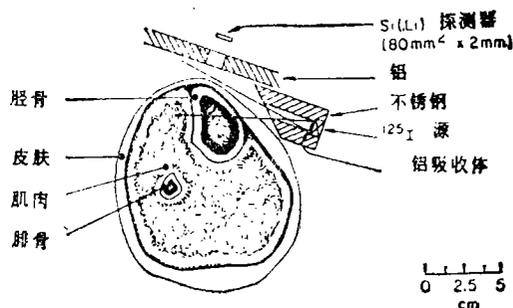


图 1

究。此项目的关键数据之一是儿童体内铅的积累状况。铅的研究已有很长的历史了,一般是以血或尿的

二天那样答,所以显然他理不出头绪。因此我说这是完全错误的尝试。但是我错了,因为后来有人考察他的观点,发现在这一片混乱的思想之中,虽然有些是相互矛盾的,但有些想法是极为重要的。那些想法被清理出来并加以证实,这样去伪存真之后,它就成了一项十分重大的成果。美国是很重视这种发展模式的。现在如果我在同一群美国学生讲话,我就会强调“知之为知之,不知为不知”是一条很好的准则,因为许多美国学生不懂得这一点而被弄得晕头转向。但我现在不是同在美国文化背景下成长起来的学生讲话。我想这种观念在传统的中国教育哲学中强调得太多了,考虑怎么样从这个观念的强烈束缚下解放出来或许对你们每个人更有好处。

总之,我真正要强调的是,科学是包罗万象的事业,它需要有各方面的才能。如果你想献身科学,很重要的要了解这一点,要把握住自己最突出的科学兴趣和天赋,并不断地加以培养和发展。

让我祝你们成功! 谢谢大家。

(闵柯宁译自英文原稿)