

科学研究的艺术

《科技与社会》讲座第五讲

黄耀曾

一、 C_3H_8

这是卢嘉锡的老师张资珙教授发明的一个公式，是张教授给卢嘉锡的座右铭，意即做一个好的科学家必须具备 Clear Head (清楚的头脑)，Clever Hands (灵巧的双手)，Clean Habit (清洁的习惯)，简称 C_3H_8 。卢嘉锡终身服膺 C_3H_8 ，才成为中外知名的学者。

1930年，天文学家发现了太阳系的第九个大行星——冥王星，后来才发现早在二十年前拍的天文照片上，已经出现了冥王星，只是由于照片上恰巧有一颗灰尘遮住了它，竟使这一重大发现推迟了二十年之久。

二、灵感与出汗

爱迪生说，在科学研究中，灵感只占1%，出汗则占99%。科学史上往往记载许多知名科学家顿然悟出问题实质的故事。如牛顿看见苹果落地，顿然想起万有引力；凯库勒(Kekulé)乘马车回家，依稀见到六只猴子互相用嘴巴咬住尾巴，形成一个圆环，悟出了苯(C_6H_6)的结构形式；达尔文在阅读马尔萨斯人口论时，突然想到在竞争的条件下，有利的变异才能被保存下来，不利的则被淘汰，于是提出了“物竞天择，适者生存”的著名进化论观点；德国大数学家高斯思考数百年未能解决的一个问题，在一天内突然想通，他说：“象闪电一样，这个谜一下子解开了，我自己也说不清楚是什么导线把我原先的知识和使我成功的东西一下子连接起来的”；化学家维尔纳(Werner) (络合物化学之父，诺贝尔奖金获得者)说他一生的工作是在一个夜晚想到的，以后的工作仅是证实这一想法。

我们不能一味反对灵感，认为它是唯心的。科学史上有许多事例说明科学家在不断思考一个问题时，会突然想通，亦即“顿悟”。但重要的是不断地“出汗”，不断思考，努力工作。正如歌德说的“天才不是别的，天才是勤奋。”

三、打破旧框框

科学研究要不断建立新观念，打破旧框框，这往往会遭到冷嘲热讽，但最有力的回击是拿出确凿的证据来。一旦新观念战胜了旧观念，这些冷嘲热讽便会化

为传奇色彩，使事情平添趣味。

法国查理十世统治时期，在 Tuileries 举行了一次盛大的宫廷舞会。宾客们为蜡烛发出呛人的气味而烦恼。人们要求化学家杜马(Dumas)研究这个问题。不久杜马获得了答案，指出这种呛人的气味是氯化氢，原因是蜡烛是用氯漂白过的。他的兴趣由此转移到元素氯和许多有机化合物中的氢发生置换的研究。这件事触怒了当时化学界的大权威贝齐利阿斯(Berzelius) (二元论创立者)，他认为这是天大的笑话。贝齐利阿斯的学生，大权威维勒(Wöhler)写了一篇通讯，投稿到大权威李比希(Liebig)主编的《化学年鉴》(Annalen)上，说：“我发现了一个新奇反应，醋酸锰经过氯气处理变成氯化锰和 $C_2Cl_4O_2$ ，再经过氯气处理，锰也变成氯，碳也变成氯，什么都变成了氯气”，并署名 S. C. H. Windler，这几个字加起来是德语 Schwindler 即骗子之意。但事实证明，大权威贝齐利阿斯和维勒是错误的。

22岁的荷兰人范特霍夫(Van't Hoff)发表了碳是四面的见解，他写了一本11页的小册子，并附上有机化合物的结构模型，寄给全世界二十多位化学权威。有的人如俄国的布特列洛夫收信后不屑一顾；有的人如他的导师凯库勒只在演讲中提到几句；有一位权威科尔伯(Kolbe)则冷嘲热讽，甚至进行人身攻击，说一个药科毕业生，在兽医学校当教员的小伙子居然想摘王冠上的明珠，岂非不自量力！还谩骂说“这个小伙子就象妓女一样到处卖弄风情！”收信人中只有一个叫威斯列山纳斯(Wislicenus)的表示赞许。这本小册子后来风靡一时，事实证明他的观点是正确的。范特霍夫在1901年因发现化学动力学定律和渗透压而获得第一个诺贝尔奖。

孟德尔发现遗传学基本原理后，三十五年无人问津。沃特森(J. J. Waterson)于1845年写了一篇关于气体分子理论的论文，被审定该文的皇家学会仲裁人斥之为“满篇胡说八道”，打入冷宫，直到45年后才重新被发掘出来。数学家伽罗华十七岁就开创了群论，他的论文竟由于法兰西科学院的审稿人普阿松和柯西

的忽视而两次遗失。两年后,伽罗华第三次要求审查,普阿杜仍认为“完全不能理解”。次年伽罗华便与世长辞了,时年仅21岁。十四年后,他的理论才逐渐被人们认识。

但是,如果一味只想标新立异,企图用煮熟的鸡蛋孵出小鸡,那是注定要失败的。我国在“大跃进”年代有很多人想发明永动机;很多人写信给华罗庚说是解决了三等分角这一世界数学难题,华罗庚为此写了一封公开信,说:这正如步行登上月球一样不可能。

四、战略与战术

日本人认为:科学工作者必须阅读三部中国古典小说,一是《三国演义》,二是《西游记》,三是《封神榜》。我最欣赏水镜先生向刘备推荐诸葛亮时的几句话,他说诸葛亮有四个好友,石广元、孟公威、崔州平和徐庶,他们都务于精纯,唯孔明独观其大略。所谓“观其大略”便是战略思想。

科学工作者也要登高博见,既要了解当代前沿科学领域,更要走在别人还没有认识到的问题前面。哲学上有所谓“逆转思维”,便是一种战略思想。德布罗意(de Broglie)由光的两重性(波动性和粒子性)想到最小的粒子电子是否也具有波动性,从而发现了 $\lambda = h/mv$ 这个著名的公式,并在十多年后由戴维森(Divison)和杰默(Germer)的电子衍射实验所证实;法拉第的电磁理论是“逆转思维”的又一个例子。当时人们已经认识到电流可以使磁针偏转,法拉第就想到:磁有可能转化为电,于是他把线圈接上一个电流计,将磁铁放在中间,当磁铁前后移动时,电流产生了。这些例子都说明了战略思想的重要性。

五、思维方法和工作方法

亚里士多德曾断言:“物体从高空下落的运动,其速度与重量成正比”。这个论断一直延续了一千八百年,直到伽利略时代才得到纠正。他作了一个简单的逻辑推理:“设物体A比B重,按亚里士多德的说法,A比B先落地。现在把A和B扎在一起,成为物体A+B,一方面A+B比A重,它应比A先落地;另一方面,B比A轻,B应拖住A的后腿,减慢A的下落速度,所以A+B又比A后落地。这样,便得到一个自相矛盾的结论:A+B既要比A先落地,又要比A后落地。显然亚里士多德的论断是错误的。”伽利略的斜塔试验证明了他的逻辑推理是对的,A和B同时落到了地上。伽利略在试验前是经过一番思考的。

海王星的发现,说明了演绎法思维的强大威力。1781年发现天王星以后,人们便注意到,它的位置与

按万有引力定律计算出来的位置不符。有人认为这可能是另一颗尚未发现的行星吸引的结果。在确信万有引力正确的前提下,有两种工作方法:一是在万里长空中进行漫无边际的观测,这无异于大海捞针;二是根据万有引力定律,利用对天王星观察的资料推算那颗未知的行星轨道。23岁的英国剑桥大学学生亚当斯(J. C. Adams)采用了后一种做法,经过两年的努力,终于在1843年10月21日把计算结果寄给格林威治天文台台长艾利,却被置之不理。幸亏柏林天文台的一位助理员卡勃根据勒威耶(U. Le Verrier)和亚当斯的计算结果,在1846年9月23日发现了海王星。

六、理论对实践的指导

理论之可贵,在于指导实践。门德列也夫的周期律之可贵,不仅在于把当时已经发现的几十种元素依原子量排列起来而找出它们的周期性,而且在于它能正确地预料尚未发现的第21号元素钪、第31号元素镓、第32号元素锗的原子量及其物理性质。格林威治天文台第二任台长哈雷根据牛顿万有引力定律,研究出1531年、1607年被人发现的彗星和他自己在1682年所观察到的彗星是同一颗,并预言还将于1758年或1959年回归,他的预言后来果然实现了。为了纪念他的功绩,这颗彗星被命名为“哈雷彗星”。

七、失之交臂和锲而不舍

科学研究中常常出现快到手的成果,因为没有抓住而拱手让人的事情。墨西哥的矿物学教授得利奥已经在一种矿石中发现了钒,但后来却又否定了自己的观察;大名鼎鼎的贝齐利阿斯、维勒也犯了同样的错误。若干年之后,瑞典化学家萨弗斯特朗(N. G. Sefstrom)于1831年从某种矿石中发现了钒,并发表了论文。于是贝齐利阿斯写信给维勒说:“在宇宙的极北角,住着一位漂亮可爱的女神。一天有人敲她的门,女神懒得动,正在等第二次敲门声,谁知这位来宾一敲过后就走了。她急忙起身打开窗子张望,是谁家的冒失鬼呀?她自言自语地说:‘啊!一定是维勒!’如果他再敲一下,维勒不是会见到女神了吗?过了几天,又有人来敲门,一次敲不开,继续敲下去,女神开了门,这次敲门的人,是萨弗斯特朗,他们相晤了,钒便应运而生了。”

科学家必须有锲而不舍的精神,否则即便是非常知名的科学家也不免将到手的成果失之交臂。1826年法国青年化学家波拉德从海藻里提出一种新元素,他通知巴黎科学院,科学院把这种新元素称为“溴”。波拉德的论文发表之后,德国一位青年化学家深为后悔,因为他在几年前就做过类似的实验,观察到类似的现

象,可惜他凭空认为这种深褐色的液体只不过是通氯气时形成的化合物氯化碘,因此只在瓶子上贴了一张“氯化碘”的标签就完了,结果是对溴的发现失之交臂。这位年轻的德国化学家把那张标签小心翼翼地从小瓶上取下来贴在床头,引以为戒,并告诫他的朋友也从中吸取教训。这位年轻人便是日后成为“德国有机化学之父”的李比希。

二千二百多年前中国古代哲学家荀况说过:“锲而舍之,朽木不折;锲而不舍,金石可镂”。这是研究的真精神。英国的哈维(Harvey)不是第一个提出血液循环的人,但他斗争了二十年之久,血液循环才最终被普遍接受;哥伦布不是第一个到美洲去的外国人,詹纳尔(Jenner)不是第一个发明牛痘的人,他们的成功都是前人无数次奋斗、探索、失败的积累。

现代药物治疗之父埃利希(Ehrlich)用砷化合物治疗梅毒经过了六百零六次实验才发现了可用的药物,这种药物为此被命名为“606”。

八、必然性寓于偶然性之中

巴斯德说:“在观察的领域中,机遇只偏爱那些有准备的头脑”。

英国有位细菌学家弗来明(Fleming),在培养葡萄球菌时玷污了青霉菌,发现凡是青霉菌生长的地方,葡萄球菌便让路。弗来明由此想到是否青霉菌的代谢物能抑制葡萄球菌的生长呢?是否能把青霉菌的代谢物提取出来治疗感染了葡萄球菌的病人呢?他根据这种想法着手提取,但是提取出来的东西很有限。后来弗洛里(Florey)对这问题进行了有意识、有计划、有步骤的研究,制得了比较纯净的青霉素。第二次世界大战期间,青霉素曾挽救了英国首相邱吉尔的生命。

昆虫信息素,首先是性信息素的发现,也是偶然的。三十年代的一天,布特南脱(Butenandt,诺贝尔奖金获得者)看见一只雌蛾飞进他的屋子里来,接着许多雄蛾也追踪而至。他立即想到是否雌蛾分泌出一种物质引诱了雄蛾?他在五十万头雌蛾的腹部提取出12毫克物质,并确定了它的结构。这种物质只要几十个分子便能从几里外把雄蛾引诱过来。从这以后,各种信息素如轨迹信息素、报警信息素、集结信息素等也不断被发现出来了。

九、科学道德和谦虚

法国化学家格利雅(V. Grignard)得知他将和萨巴蒂埃(Sabatier)共同获得1912年诺贝尔化学奖时,并不十分高兴。他认为萨巴蒂埃应该和他的同事森德伦斯(Senderens)分享奖金,而他自己和他的老师巴比

埃(Barbier)可在第二年共同获奖,因为以他的名字命名的反应最初是他的导师提出的。

巴斯德的一生贡献极大,但他在临终时却说:“我虚度了一生”。因为他想到许多工作还可以做得更好。牛顿晚年说:“我不知道世人怎样看我,在我自己看来,我只是象一个在沙滩上玩耍的孩子,一会儿找到一个特别光滑的卵石,一会儿找到异常美丽的贝壳,就这样使我自己娱乐消遣。而与此同时,真理的汪洋大海在我眼前并未被认识被发现”。巴甫洛夫在临终时说:“我对我国有志于科学的青年有什么祝愿呢?首先是循序渐进……第二是谦虚。……切勿狂妄自大,目空一切。由于狂妄,你会拒绝有益的、善意的帮助,会丧失客观的头脑。第三是热情。科学要求人们为它贡献毕生的精力,就是有两三次生命也不够用。”

十、不宜贴“唯心主义”的标签

在科学上乱贴标签是不符合“百花齐放,百家争鸣”的方针的。

新中国建立以后,我们曾经跟着苏联批判过摩尔根和鲍林。我认为,要批判鲍林的共振论,必须先知道什么是共振论。单纯给共振论戴上“披着量子力学的外衣”的“唯心主义”、“马赫主义”等帽子是不解决问题的。1962年我在上海化学化工学会共振论座谈会上介绍过共振论。后来又与卢嘉锡同志一起组织人员翻译了鲍林的《化学键本质》一书,因而在文革中遭到批判。我非常同意鲍林的反驳:“共振论中各个参与的价键结构也并不比古典学说中的结构要素如双键单键来得更唯心些”。

十一、科学是互相渗透的,不要随风倒

科学是互相渗透的,片面宣传、片面强调某一学科的重要性往往使人们趋向一门学科,造成这门学科人才过剩,而别的学科人才不足。

1977年曾过分宣传生物工程、遗传工程的重要性,以致有人对化学工作者说:“过去是学会数理化,走遍天下都不怕,现在轮不到你们了,你们要让位给生物学家了”。在这种气氛下,中学毕业生不报考化学系,导致化学系应招人数不足。“大跃进”年代宣传“万斤粮”,文化大革命时期宣传“九二〇”,造成了不良后果,都是片面宣传的实例。

十二、书山有路勤为径,学海无涯苦作舟

搞科学的人要有事业心,要有为祖国发展科学事业、为四化建设献身的精神,要富贵不能淫,贫贱不能移。古代希腊几何学家欧几里得著有《几何原本》十三卷,是一位很出名的数学家,连亚历山大国王也来向他

学几何。但学了几课之后,国王不耐烦了,问欧几里得有没有捷径可走?欧几里得回答说:“对不起,殿下学习几何和普通人一样,是没有捷径的。”有人跟欧几里得学了几天就想退学,欧几里得叫仆人给他一个银币,讽刺说:“我晓得,你来学习的目的是为了钱,没有钱,你是不肯学下去的。”

十三、青出于蓝,寄希望于青年

华罗庚没有上过大学,但他十八岁就写下了他的第一篇论文“Sturm 氏定理的研究”,投稿到《科学》杂志。该刊主编王琏没有因华罗庚是名不见经传的“小

人物”而不屑一顾,而是郑重其事地请熊庆来审查。熊庆来审查后不仅同意刊登,而且介绍华罗庚到清华大学当了图书馆管理员,允许他旁听数学系课程。于是华的数学才能得到进一步的提高与发挥。由于他勤奋学习,出国深造,终于成为国际上知名的学者。华又相中了陈景润,代代相传,成为我国科学史上的佳话。我们上了年纪的人,对于有才能的后学应采取什么态度,是值得注意的。我国的科学研究比起先进国家来,差距较大,如果不是“长江后浪推前浪”、“青出于蓝”,怎么能赶上国际先进水平呢?

人在宇宙中的地位及天文学 在社会发展中的作用

《科技与社会》讲座第六讲

叶 叔 华

一、人在宇宙中的地位

人最感兴趣的是天文。人们如果在一个悠闲的夜晚,昂首天空,往往会感到天空的壮丽,因而会联想到宇宙之浩瀚。这在古代哲学家和文学家的著作中有着许许多多的反映和表现。上古时代,大家以为,盘古开天地,天圆地方,人在地上。地是如此之伟大,日、月、星辰都围着地转。以后,有了航海术,才慢慢地发现地原来是圆的,但觉得地还是比较大,太阳、月亮比较小,围绕着我们转。地为中心的学说流行了很长时间,后来才有人出来反对,说太阳是不动的,而地球在动。从那时候起,人们对宇宙的认识就从地球跳出去了。人们开始去认识太阳,认识月亮,认识太阳大家庭内的许多兄弟姐妹,如水星、金星、火星、土星、木星、天王星、海王星、冥王星。太阳离地球约为一亿五千万公里,月亮约三十八万公里,从太阳到最边缘的冥王星约七十亿公里。十七世纪伽利略发明望远镜以后,发现银河系才是更大的家族,起码有一千五百亿颗恒星。这样,我们的视野就大大开阔了。银河象个大圆盘,直径十万光年,中间厚度一万六千光年。太阳系离银河系中心二万七千光年。太阳在这么大的家族里是一个貌不出众、个子适中的普通成员。现在知道最大的星有七十个太阳那么大,最亮的星是太阳的十亿倍。比太阳小的星,大的叫巨星,小的叫矮星,有的只有太阳的二

十分之一。宇宙万物都有生老病死,恒星一生出来象个婴儿,云雾缥缈、慢慢收缩,发生核聚变,放出能量,进入成年。恒星的寿命约有一百到一百二十亿年,太阳存在了五十亿年,已是“人到中年”了。我们非常幸运,在一个普通个头中年恒星的行星系上,有着适合生物生长的较好环境,因此有了生命,也有了高级思维的人,创造了文明社会。人们的认识是不是到此为止了呢?不是。现在,人能观察到的宇宙,可以达到一百二十亿光年。在这样一个范围内,估计会有一千亿个象银河那样大小的星系。每个星系平均又有一千一百亿个恒星。这样算下来,宇宙里的恒星是不可计量的。宇宙是无边无际的。宇宙是否有开始和终结呢?不易回答。从所能观察到的范围里,近期有“大爆炸”学说。开始大家都反对,实际上还是有相当的科学根据的。它认为大约在一百五十亿年之前,所有的物质集中得非常密集。以后,一霎那之间,即 10^{-43} 秒内,不知道什么原因,突然爆发,物质与能量慢慢散开,产生各种超微粒子,然后形成核,形成原子,形成分子,最后形成星云和星系。

联想到人在宇宙中的地位,继之而来的一个问题是,地球上人为万物之灵,那在宇宙中是否存在跟我们一样有智慧的生物?有没有跟我们一样的文明世界?这个问题是饶有趣味的。有人作过计算,银河系里约有三千亿个太阳。是不是每个太阳都带有一个太阳系,