

• 科学论坛 •

论科学研究创新

郭厚良

(武汉大学生命科学学院, 武汉 430072)

[摘要] 作者就科学研究创新进行了比较系统的讨论, 提出了一系列看法。具体如下: 科学研究首先要注意选题, 选题可遵循三个原则: 意义重大, 竞争相对缓和, 技术手段可行。科学创新有三个途径: 材料新, 方法新, 思路新。创新思维有三个特点: 开放式, 逆向式, 超前式。创新实际上是不同信息的重新组合。重大发现常源于细微现象, 对细微现象应充分重视。较强的创新能力是大脑通过大量学习实践得到充分开发。研究应认准一个大方向。最后讨论了创新能力的教育培养和影响创新的因素。

[关键词] 科学, 研究, 创新

科学研究方法论是一个重要的研究课题, 不少人在这方面进行研究探讨, 提出了许多方法和见解。例如, 英国学者拉卡托斯的“科学研究纲领方法论”(1999)^[1], 前苏联学者米格达尔的“科学家成功之路”(1986)^[2], 我国学者郭有通的“创造心理学”^[3], 李守成的“科学的研究的艺术修养”(1989)^[4], 邱仁宗的“成功之路”(1987)^[5]等等。这些学者从不同的角度很系统地提出了各自的方法论, 很有指导意义, 值得广大科学的研究者学习借鉴。

笔者从事教学和研究数十年, 经常在思考这方面的问题。笔者的思考集中于一点: 创新。如何创新? 怎样才能创新? 经数十年, 渐渐有了自己的看法, 这些看法与其他学者已有的看法有许多不同, 下面就是笔者对创新的一些认识。

何谓创新? 从字面上看, “新”即新东西, 新事物。“创”就是造, 把这个新东西、新事物创造出来, 这就是创新。然而, “新”这个字很有讲究。同样一个“新”, 意义大不相同。一个学生在学校运动会上创造了一项新纪录, 这就是一个“新”。而另一个人在奥运会上创造了一项新纪录, 这也是一个“新”。但这两个“新”完全不能相提并论。一个人在国内一般刊物上发表了一篇论文, 一篇论文能发表, 总会有些新意, 这就是“新”。而另一个人在国际顶尖刊物上也发表了一篇论文, 这也是“新”。但这两个“新”

也不能相提并论。所以, “新”有大小、高低之分。我们一般所说的创新则是指大的新, 高水平的新。

科学的研究的创新有一个经常用到的名词: 原始创新, 简称“原创”。所指为前所没有, 即在历史上、在世界范围内都没有的新创造。这包括新发现、新观点、新理论、新材料、新技术、新方法等, 在全世界是第一次。许多人都希望自己能有这样一次创造, 但最终只有少数人能做到, 这是为什么? 这个问题很值得研究。

下面我们就来具体探讨有关创新的一些实质性问题。

1 科学研究选题的三个原则

科学的研究的创新从选题开始, 选题好就成功了一半。有人说: “只有想不到的事, 没有做不到的事。”创新首先就体现在选题上, 就是力求想到别人想不到的事。别人没有想到, 你想到, 所以叫“新”。你是第一个想到, 你就是源头。

需要一提的是, 有不少人缺乏选题意识。做了一辈子科学的研究, 到最后对选题仍是模糊的。那他如何在做研究呢? 他或者是给别人当下手, 自己独立不起来。或者是追赶潮流, 看别人做什么就跟着做什么。这就难有大的发明创造。

那么, 究竟该如何来选题呢? 不同的人各自的

本文于 2009 年 5 月 10 日收到。

基础和条件不同,自然各有不同的选项。但不论是什么样的基础和条件,按以下三个原则选题是不会错的。

第一,意义要重大。

一般来说,有重大发明创造的人,多半是些胸怀大志的人,立志要成就大事业。这就决定了选题的一个最重要的原则:力求研究重大问题。这个问题是科技领域中的大事,如果成功,将对科技发展做出大贡献。有些人没有这种想法,只希望有点经费,能做点研究,发表一些文章,有个职称,也就满足了。所以,创新的一个重要前提是心里想着要做大事。但是,光有这一点还不够,还得能分清什么是大事,是重大问题。如果看不清,也做不到这一点。

第二,研究的人比较少,竞争较为缓和。

有一些重大问题是人们很容易看到的。例如,科技界普遍关注的一些大问题和难题,谁都能看得到,是否该选这样的问题来做呢?应当说,如果条件允许,要敢于选这样的问题。如果你在科学院,在重点大学,在重点实验室,就要有这样的勇气。但就多数人而言,这样的问题对他们来说可能是可望而不可及,硬往里钻是不明智的。特别是在起步阶段,条件有限。这就应避开那些竞争太过激烈的问题,选那些研究的人比较少,竞争较为缓和的领域。但是,重大问题往往竞争激烈,竞争不激烈就难以成为重大问题。这就要求研究者充分调动自己的智慧,细心的从某些不太受人注意的地方发现问题,看到它潜在的重大意义和价值,选这样的问题研究比较容易成功。一个人不可盲目追赶潮流,而应力求自己另辟蹊径,从一个不被人注意的地方杀出。可以说,科学研究是一门最高超的艺术,太热的地方挤不进去,太冷的地方不受重视。如何将一个冷门通过自己的努力转化成一个热门,这显然需要技巧。要“玩”得很到位,的确不是一件容易的事。

第三,技术手段于自己可行。

许多重大热门课题常常要求大量人力物力和很高的技术条件,这使得多数人只能望而却步。所以,选题时必须充分考虑自身的条件,一定是自己的技术手段可以达到的。根据自己现有的条件思考可以做哪些事,然后按这样的条件寻找适当的切入点。有一点要提出来讨论:离开了现代化的高新技术条件,是否就一定做不成大事?有些人可能认为是这样,但笔者认为并非如此。不少人条件并不好,却能出奇招,做出引人注目的成果。不要总想着自己条件差,成不了什么气候。应相信,智慧和勤奋能弥补

条件的不足。只要用心,找准一个好位置,就一定可以逐渐打开一条成功之路。

2 科学研究创新的三个途径

笔者在自己的教学和科研实践中逐渐注意到,科学的研究的创新不外乎三个途径:材料新、方法新、思路新。

第一,材料新。

使用新材料研究,必有新发现。在遗传学发展史上,Mendel用豌豆作材料研究遗传开创了遗传学。而 Morgan 改用果蝇,这是一种小飞虫,没人注意。从豌豆到果蝇,这一跨度非同寻常。这个新材料用得巧,让 Morgan 开创了细胞遗传学,将遗传学推向一个高峰。而后,Beadle 改用红色面包霉研究遗传,开创了生化遗传学。后来的人进一步改用细菌和病毒研究遗传,一次又一次将遗传学刷新。所以,使用新材料是一种既简单又有效的创新方法。但因为是新材料,别人未曾研究过,自然有一定的不确定性,这就对研究者的智慧提出了考验。一般人习惯用熟知的材料,这样做起来比较容易。但一种材料经许多人翻来复去研究,再想做出特别新的东西就不容易。所以,使用新材料说起来容易,真做起来却不简单。

第二,方法新。

使用新方法必然产生新成果,这是不言而喻的。方法新比材料新难度要大,因为新方法不是唾手可得的。新方法有两种:一种是自己设计和创造。在使用新材料时,原有的方法可能不适用,研究者就需要先有一次方法的创新,上面遗传学研究中的新材料都伴随着新的研究方法。第二种是移植和借用。在遗传学的早期,人们采用杂交的方法。后来,将细胞学方法引入,带来遗传学的第一次革命。进一步引入化学方法,将遗传学向分子水平提升等。在各个学科的发展中,每一次重大的突破都与新方法相伴。然而,新方法都不是无中生有和从天而降,都是在原有基础上革新改制而成。因此,一个研究者要学习和了解多种多样的方法,然后根据自己的需要有选择地加以改造。

第三,思路新。

与新材料和新方法相比较,新思路的难度就更大了。几乎没有哪一种重大突破不与新思路相伴,思路是一个人的智慧最集中的表现。前面已经说到:只有想不到的事,没有做不到的事。想到别人想不到的事,就属于个人独特的新思路。有了好的思

路，距离成功就不是很遥远的事情。一个人或有成果或没有成果，或有一般性成果或突破性成果，思路几乎起决定作用。如何才能提出独特的新思路，这可能是一个很难说清楚的问题。根据笔者的体会，这可能与一个人的思维方式密切相关，下面我们就来讨论一下这方面的问题。

3 创新思维的三个特点

创新首先是一种思维方式，善于创新的人有着较为独特的思维方式。笔者将这种思维方式归纳为三点：开放式、逆向式和超前式。

第一，开放式。

世界上有两种人。一种人只关心眼前看得见、摸得着的东西，对其他事情不大在意。有句俗话说，“各人自扫门前雪，休管他人瓦上霜，”就是指这一类人。另一种人不是这样，而是有好奇心，什么都感兴趣，喜欢管闲事。同样做研究工作，有些人只想着正在研究的课题，对其他事情不感兴趣。有些人不是这样，他感兴趣的不只是自己正在研究的问题，对各种问题他都感兴趣。包括不同的学科，不同的科学领域，甚至一些不相干的问题，他可能都有兴趣，都想了解一下，有时甚至试图参与。这两种人相比较，哪一种人更能创新呢？相信是后一种。这种人的思维是开放的，感兴趣的事情多，关心的范围广，接触的知识面宽。大家都认同兴趣广泛，知识面宽好，但真正做起来就大不一样。这里有一个问题是含糊不清的：兴趣有多广泛，知识面有多宽才好？笔者认为，从理论上推断，在可能的条件下，兴趣越广泛越好，知识面越宽越好。开放思维就是尽可能接触和了解各方面的事物，尽可能关注和思考各种各样的问题，以便能打开更为广阔的思路。

第二，逆向式。

世界上有两种人。一种人总是与大多数人站在一起，一种人总是爱唱反调，大家都喜欢前者。这里，笔者要问一句：在科学领域，如果总是跟大多数人一致，他如何能创新呢？这两种现象是平行的：在公众场合，一个人总是与大多数人一致。这就是说，他没有属于个人的独到见解。所谓独到见解，就是与多数人不一致。他进入研究领域，创新能力就会比较弱。反之，在多数人面前，他能坚持个人不同的看法，他的创新能力就会比较强。逆向思维是这样一种思维：当大多数人沿着一个方向思考的时候，他的思想走向一个相反的方向。所谓创新，说到底就是与多数人不一致。一个人总是与多数人一

致，久之就形成一种思维定式，很难摆脱传统观念的束缚。人们应当这样来训练自己：通过精细的观察和深入的思考，发现多数人的错误。他能够相信：周围的人都错了，只有自己是对的。这样，他就能获得一种能力，来颠覆传统的观念和公认的法则，这就是大家都渴望的创新。

第三，超前式。

世界上有两种人。一种人跟着感觉走，一种人凡事都得先想清楚，有创新思维的人是后者。他做一件事情，在做之前总要想得很多，不盲目行事。他总在想一些问题，有一点“杞人忧天”。所谓超前思维，在研究领域就是对所选的问题有一个较为长远的设想，不是做到哪里算哪里。他一定得想清楚，这个问题做下去会得到什么样的结果，这些结果会产生多大反响，波及到哪些领域。如果想不清楚，那就认为不是一个重要问题，就不值得做。另一方面，对所取得的试验结果能提到比较高的理论高度，敢于标新立异，这就是人们常说的“敢为天下先”。有这样的人，很好的成果不敢往外拿，坐失良机。不仅要敢于往外拿，还要能提高，敢于提高。有不少这样的人，他的成果很重要，但是他看不到。理论上提高，实践上不能往高点超越。这样，真金被当作铜贱卖。要着力往高处、远处想，才能有大的创造。

创新思维是与一般人不大相同的思维方式，属于一种非常规思维。

4 创新的认识论本质：信息重组

任何一种创新，不论有多么重大，都不是无源之水，无本之木。都是在原有的基础上发展起来的，都是现存事物的一种改造。这种改造，说到底是不同事物的新组合，笔者称之为信息重组。

过去天花是一种可怕的瘟疫，不知道夺去了多少人的生命。Jenner 注意到挤牛奶的工人都不得天花，这让他很奇怪。后来又注意到，牛也长痘，很像人的天花，但牛并不像人那样得天花死掉。于是，他将挤牛奶的工人不生天花和牛长痘联系在一起，推测牛能产生一种抵抗天花的物质，挤牛奶的工人能接触到这种物质而获得对天花的抵抗力。这种物质就是抵抗天花病毒的抗体，这就是后来的牛痘。所以，牛痘这一划时代创新是挤奶工不得天花和牛长不生天花的痘两个信息结合在一起的产物，这就是信息重组。

人们只要留心就会发现，大多数创新本质上都是不同信息的新组合。例如，物理与化学相组合，产

生物物理化学；生物与化学相组合产生生物化学；光电效应是光与电的联系；电磁反应是电与磁的组合等等，都是信息重组。沿着这个思路，人们可以预测许多未来的创新。有不少学者的创新，在他行动之前就已经先设计好，后面只是验证而已。

5 创新的方法论基础：小中见大

世界上有两种人，一种人往往对一些发生在身边的重要事情熟视无睹，而另一种人则能注意一些不被人注意的小事，常常“小题大做”。后一种人就比较能创新，不能小中见大就难以创新。透过细微的试验现象看到背后隐藏的重大科学问题，这是创新的一个普遍规律。

小中见大是一个重要方法问题，既是观察思考的方法，也是实践和试验的方法。搞科学研究也像警察探案一样，高明的警察能从一些蛛丝马迹中找到破案的线索，聪明的实验者能从某些细小的实验现象中发现重要问题。摩尔根对遗传学的贡献使他获得诺贝尔奖，而那一巨大成功源自一只小小的白眼果蝇。如果他未能从成千上万的红眼果蝇中发现那一只偶然出现的白眼小虫，或者虽发现却不重视，很可能就与后来的诺贝尔奖失之交臂。许多时候，同一种现象被不同的研究者都看到过，但不注意，结果是擦肩而过。有眼光的研究者能抓住不起眼的甚至是一闪而过的小事情，追查下去，发现大问题。在做工作的时候，要睁大双眼，绷紧神经，不放过任何蛛丝马迹。如果坚持这样做，久之必有新发现。不要觉得试验没有得到预期结果就认定失败，也许其中就隐藏着重要玄机，即使真是做错了也有可能歪打正着。

小中见大是一个眼光问题，研究者应有比较锐利的眼光，能迅速分清什么是不重要的，可以忽略；什么是重要的，应当抓住。眼光也是一个见识问题，那是勤学多思、见多识广、历经艰辛之后获得的一种鉴别力。那不是一日之功，是长期磨练之后的所得。在科技史上，有些重大发现似乎纯属偶然，人们称之为“得来全不费功夫”。的确，那真像是天上掉馅饼。但人们何尝知道，那个人为了那一次“偶然”曾经花费了多大心血，从而练就一副火眼金睛。没有硬功夫，真功夫，就算天上真掉个馅饼也未必知道那是一个馅饼。

6 创新的生理学机制：大脑开发

现代生理学告诉我们，许多人虽然成果卓著，知

识渊博，也只动用了大脑的一小部分，大部分还处于未开发状态。大脑是一部极其复杂的机器，划分为各种不同的功能区域，分别储存不同的信息。每获得一种新知识、新技能，每接触一种新事物、新环境，都分别进入相应的功能区。于是，这些区域就得到开发。就像开荒种地一样，每一锄下去，就是一片新土地。人的学习、实践、探索就如同垦荒，要勤开垦，勤耕耘，使大脑得到充分开发，这种开发越充分越好。所以，人越学越聪明，越学创造力越强。

大脑功能的分化因人而异，所以，人各有所长。在总体上，人的智力差异并不很大，但在某一方面的差异可能比较大。大脑的某一区域很发达，这方面的能力就胜过他人。人不可盲目骄傲，他必有自己的短处。也不可盲目自卑，他必有自己的长处。重要的是发现自己的长处，在自己所长的方面寻求发展。若所长非所长，就难有大的建树。于是，有些人便大胆改行。不必太看重初学的专业，不行就大胆放弃，找一个更合适的方向。

大脑功能的开发也有早晚之分。所以，既有少年得志，也有大器晚成。许多人认为中青年是创造的年龄，往后就不行了，这是不正确的。年轻人精力旺盛，思维敏捷，善于创造。但年老人经验丰富，大脑充分开发，思维也能保持活跃，同样富有创造力。不论年轻年老，成功与否全在发挥自己的所长。一个人倾全力而无大成，就该想一想是否干错了地方。

大脑一个区域的开发是有限的。一个人在某一领域可以取得辉煌成就，但到一定时候会潜力枯竭。有些人在某一领域成功之后又改换一个新领域，又获得新的成功，这属于大脑不同区域的开发。人们不要一辈子只在一个方面活动，他完全可以扩大涉足面，为社会做更多贡献。

7 方向感，创新的灵魂

有句古语说，“千里之行，始于足下。”然而无论千里万里，只要步子一迈开，便奔向一个预定的目的地。探讨科学也如同远行，应有一个明确指向。你要知道，你的终极目标是什么。研究要有一个明确走向，每一步都对准那个方向。然后脚踏实地，一步一步朝前走，一步一步靠近那个目标，集小步成跨越，最后终于成功。不能像山中草寇，今天到南山抓一只鸡，明天到北山抢一头羊，那是断不能成大器的。

定向并非难事，只要认真分析全局，就不难发现学科的重点、难点、有争议的问题和悬而未决问题，

都是好方向。决策应遵循“大胆怀疑，小心求证”的原则，反复斟酌。然后从大局着眼，从小局着手，找准一个位置，勾画一条联通终极点的路线，就蓝图在胸了。

有些人不是想不到，而是勇气不够。要敢于冒风险，不冒风险不能成就大事。

认准的大方向要坚持。探索的道路是漫长的，曲折的，顺利与挫折并行。有成功的喜悦，也有失败的煎熬。坚持下去，成功就属于你。

8 想象力，创新能力的核心

创新首先是一种思维。人的思维有多种，从记忆理解开始，向综合归纳发展，渐渐能做分析判断，最后进入联想，获得想象力。想象力是最重要的一种能力，是创新能力的核心。将不同的事物联系起来考虑，完成所谓信息重组，依赖于想象。想象力缺乏，就难以启动和完成这一过程。可以通过想象力判断一个人的创新能力。

想象力比较抽象，很难用什么数字来评价，但可以通过某些特点来考察，例如幽默感。一个人很善于讲笑话，总能逗得周围的人发笑，大家就会说，这个人很有幽默感。对幽默感强的人来说，有些事并不那么好笑，但经他一说就很意思，人们就忍不住笑出来。逗人发笑有一个惯用手法，那就是比喻。某个事情并无趣味，但如果拿这件事与另一件事匹配在一起，就会形成一种反差，产生趣味。这是一种联想，匹配即将两件不相关的事情通过一个类似点联系起来，这是比喻的实质。所以，想象力强就是善于发现不同事物之间的类似点，看到表面上似乎没有关联的事物之间存在内在联系。想象力是想出来的，不要让自己的脑子闲着，只管开动脑筋，天南海北地想，海阔天空地想，想得多了，想象力就提高了，创新就不那么难了。

9 事业心，激励创新的源动力

在看秦始皇巡游时，项羽对他的叔叔说：“彼可取而代也。”项羽认为自己也可以做皇帝，这就是事业心。人们又说：“不想当将军的士兵不是好士兵。”这也说事业心，事业心的确立是人生的一次觉悟。有了这一次觉悟，人就从平民超脱为有志者。对有志者而言，人不只是为谋生，更重要的是寻求一种展示，通过对社会有较大贡献而使生命闪耀光彩。所以，有事业心的人眼界比较高，总想着要干大事，心中有一个大目标。有多大目标就产生多大动力，这

种动力就转化为奋不顾身的努力。功夫不负有心人，成功终于到来。做科学是事业，社会的各行各业都是事业，都可以成就大事。这就叫有志者事竟成。

10 创新能力的教育培养

创新能力不是生来就有，需要从后天的教育和培养中获得。创新能力的教育培养主要是大学的任务，大学培养的是人才，人才就是创新能力比较强的人。

笔者认为，从培养创新能力出发，需要做很多事情。其中，教学内容和教学方法的改革最为重要。因为教学是主体，是影响学生的主要环节。在教学内容方面，中国的大学重视基本概念和内容深度，这是正确的。因此，基本面是好的。有些人说我国的教育这也不是，那也不是，要大改特改，完全是一种偏见。不过，问题也是有的。例如，还应充分突出“新”，即尽可能介绍新进展和新成果，越新越好。“新”就能激发学生的求新意识，产生创新的欲望。不新就会让学生守旧。这就要求教师离开教材，不断到文献中寻找新材料。在突出“新”的同时，还要兼顾“广”。从学科出发，就是力求结构的完整性，各个层面都不能缺。现在有一种偏向：重现代，轻传统，以高深为荣，将基础扔掉，这是很有害的。在教学方法方面，应改陈述为分析。笔者曾提出“分析式教学法”这一设想^[6]，以取代传统“启发式”。启发是一种浅层的分析，适用于中小学。分析则是一种深层的启发，应为大学所用。采用分析式教学，重在交待来龙去脉，以形成一条思想路线，使学生在学到知识的同时，学到科学的思维方式。突出创新能力的高等教育，在课程设置、教学管理、学生考核等各个环节都需要相应的革新，达到对学生实施全方位培养。目前，各大学竞争激烈，特别注重教师的研究创新，对培养学生的创新能力并未给与特别关注，这是一个很大的问题。而且，大学不同于中小学，教师各行其事，没有一个规范，这也是一个问题。一个基本规范旨在给学生一个基本造型，这个基本造型不能有问题。

创新是一种信息重组，要教育学生养成经常思考和判断的习惯，使各种信息处于一种交织和碰撞之中。各种事物、信息、知识、技能，会逐一在大脑中建立兴奋点。众多的兴奋点联系起来，就构成一个巨大的信息网络。触动其中一点，就牵动周围许多点。几点同时兴奋，就使人产生联想，信息重组便形

成了。所以,充实的大脑是创新的重要前提。曾听到有人这样说:“读了个大学,学的那些东西一点用也没有。”还有人写的文章未接受发表,费很大心思做的事没有成功,懊恼不已。其实,凡所学的东西和所做的事,都像账目一样记在大脑中,参加了整个信息网络的构建,都是有用的,都不是白学白做。你可以从一座大厦任意抽掉一块砖,大厦不会倒塌。相信你不会说那块砖是多余的。

11 影响创新思维的重要因素

人有时会突发奇想,称为灵感,灵感就是典型的创新思维,灵感由多方面信息在一定条件下相互交织形成。所以,创新思维有多种多样的影响因素。首先,人要处于一种好的状态。心情轻松,精力充沛,思考问题效率就高。所以,人既要努力工作,也要保证休息,特别是保证充足的睡眠。设置假日就是为了休息,许多勤奋的人假日不休息,这不利于思想更新。通过休息,思想得到放松。一段时间放松后,再回到原来的问题,容易出现新思路。人长期研究一个问题,久之渐渐就变得迟钝。此时,就应把这个问题完全放下,去做别的事,处理别的问题。过一

段时间再回过来时,脑子就像上了油的机器,各种想法一下子涌上心头。隔一定时间,人要完全改换一下环境,去串亲友,去旅游。当接触到新事物时,往往会出现各种各样的新念头。人要经常了解新的信息,不仅是查阅专业文献,还要不时跳出专业的圈子,去了解外面的各种事情。当获知很新的信息时,容易触发新的设想。

创新是科学研究方法论的核心,还需更为广泛和深入的探讨。

参 考 文 献

- [1] 卡拉托斯. 科学研究纲领方法论. 上海: 上海译文出版社, 1999 年.
- [2] 米格达尔. 科学家成功之路. 北京: 电子工业出版社, 1986 年.
- [3] 郭有通. 创造心理学. 北京: 教育科学出版社, 2002 年.
- [4] 李守成. 科学研究的艺术修养. 长春: 吉林科学技术出版社, 1989 年.
- [5] 邱仁宗. 成功之路. 北京: 人民出版社, 1987 年.
- [6] 郭厚良. 高等教育分析式教学法初探. 建材高教理论与实践, 2001,(5):74--75.

VIEWS ON SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION

Guo Houliang

(College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract The paper discusses science research and innovation systematically and provides insights into it. The first job confronted a science researcher is to pick a project. There are three principles to be followed: pick the project of significance, pick the project of comparatively less competition, and pick the project which is technologically feasible. There are three ways to science inventions or discoveries: the application of new materials or new instruments, the application of new methods, and the application of new approaches. There are three features of creative thinking: open-mindedness, contrary thinking, and far-sightedness. Innovation is the shuffling of information and rearrangement of it. Some critical inventions came from some minute phenomena to which enough weight should be attached. Creativity can be developed by enough practice and learning. The paper then discusses how to foster and promote creativity and the factors that have influence on creativity.

Key words science, research, innovation