

•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201809005

www.dxxh.pku.edu.cn

## 小化的诗歌王国之旅

吕银云, 潘蕊, 许振玲, 颜长明, 任艳平\*

厦门大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学), 福建 厦门 361005

**摘要:** 化学王国的小化通过他的诗歌王国之旅, 将浪漫的诗歌和严谨的化学联系起来, 透过小化在诗歌王国的所见、所闻、所感, 阐述了化学的魅力和威力, 让人们领略和发现“化学之美”; 以期启发青年学子真正了解化学、认识化学; 激发青年学子学习和研究化学的兴趣; 也表明作为科学工作者只有采用科学的方法并坚持不懈地进行科学研究, 才有可能突破瓶颈, 造福人类。

**关键词:** 化学王国; 小化; 诗歌王国之旅; 魅力与威力; 化学之美

**中图分类号:** G64; O6

## Xiao Hua's Journey to the Kingdom of Poetry

LÜ Yinyun, PAN Rui, XU Zhenling, YAN Changming, REN Yanping \*

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.

**Abstract:** This short novel combines the romantic poetry with the rigorous chemistry through Xiao Hua's journey to the kingdom of poetry. It elaborates the wonderful and useful chemistry via what Xiao Hua saw, heard, felt in the kingdom of poetry, helping people appreciate the beauty of chemistry and motivate students to learn and research chemistry. It also expresses that scientists may achieve success if they take the correct methods and pay persistent efforts in the scientific research.

**Key Words:** Kingdom of chemistry; Xiao Hua; Journey to the kingdom of poetry; Wonderful and useful; Beauty of chemistry

小化是化学王国的储君, 从一出生起就担负着振兴王国的重大使命, 每天都在为将来能继承王位努力着: 蒸馏、过滤、过柱子、养晶体、测晶体、测性质……每天机械式的重复让小化倍感枯燥, 他被漫天的数据、表格压得喘不过气来, 数据繁多却都没有他想要的结果, 不断的失败让他开始有些迷茫了, 他甚至在怀疑化学是否真的能像爷爷说的那样可以让化学王国变得更加美好。他累极了, 偷偷跑出了宫殿, 不知不觉, 小化走到了化学王国的边境, 透过若隐若现的藩篱, 他看到不远处立了一块石碑, 上面赫然写着“诗歌王国”四个大字, 小化对神秘的诗歌王国充满了好奇, 好想越过藩篱去探个究竟, 但是一想到自己的处境, 小化不禁有些沮丧。

晚饭时分, 爷爷发现小化沉默寡言, 就问: “小化, 是不是最近合成的纳米材料性能测试又没有进展呀, 不要气馁, 科学研究哪有一蹴而就的道理呢。”小化这才吐露了白天看到的场景, 垂头丧气地说: “爷爷, 我觉得化学好枯燥, 我做了这么久的研究都没有进展, 化学真的能让我们的国

收稿: 2018-09-03; 录用: 2018-09-20; 网络发表: 2018-09-25

\*通讯作者, Email: yypren@xmu.edu.cn

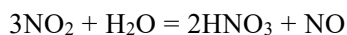
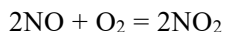
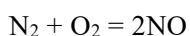
基金资助: 2018 年福建省本科高校教育教学改革项目(FBJG20180097); 2017 年福建省本科高校教育教学改革研究项目(FBJG20170295); 2018 年厦门大学教学改革研究项目(JG20180105)

家更加美好吗？”爷爷瞬间明白了小化的困惑，说：“既然你心存疑虑，那就给你一年时间去诗歌王国好好游历一番吧，希望能为你答疑解惑。”

就这样，小化背上行囊，开始了他的诗歌王国之旅。

### 1 “雷蟠电掣云滔滔，夜半载雨输亭皋”——及时的雷雨发庄稼

小化刚进入诗歌王国，天空便暗沉下来，春雷阵阵，像极了节日里隆隆的炮声，诗歌王国好像正以它独特的方式欢迎这个来自化学王国的贵宾呢。小化抬眼间，天空乌云密布，“雷蟠电掣云滔滔，夜半载雨输亭皋”，电闪雷鸣间，小化慌忙找地方躲雨，就看到不远处的山洞口有个农夫正挥着手招呼他去那避雨。小化到山洞刚坐下来，就听到农夫感慨：“雷雨发庄稼喽，今年要丰收啦”。小化想了想说：“农民伯伯，只有在你们空气清新的诗歌王国，雷雨才发庄稼呢，电闪雷鸣时，发生了一系列的化学变化：



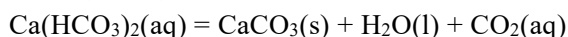
生成的少量  $\text{HNO}_3$  随雨水进入土壤形成硝酸盐， $\text{NO}_3^-$  被植物吸收后在植物体内被还原成  $\text{NH}_4^+$ ，从而被植物利用，植物就会长得快，所以雷雨对你们是个宝。但是，如果在别的污染严重的地方，雷雨却是造成酸雨的原因之一，污染的空气中含有大量的  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  等氮氧化物，下雨时就会形成大量的  $\text{HNO}_3$  落入土壤，就是化学王国常说的‘酸雨’，它会造成土壤酸化并使盐分流失，对植物反而有害了。”农民伯伯半知半解：“你说的很多我不懂，不过我明白了，只有空气好的地方雷雨才能发庄稼呢。”

### 2 “石笋石柱齐捧场，千滴万滴送清凉”——美丽的石笋石柱

看这雨一时半会也停不下来，小化闲得无聊就四处转转，竟然发现山洞深处别有洞天，洞壁上长满了大大小小的石笋，借着微光看到岩壁上有一首诗：“神斧天工筑溶洞，钟乳倒立练神功。石笋石柱齐捧场，千滴万滴送清凉”（图 1）。这不就是在化学王国语文老师曾教过的那首诗，而今，经过多年的化学学习，小化对这首诗有了新的理解：原来这个岩洞是石灰岩洞，主要成分是  $\text{CaCO}_3$ ，当遇到  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  时发生了化学反应：



生成的  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  水溶液顺岩石滴下的过程中， $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  会慢慢分解。



分解得到的  $\text{CaCO}_3$  有些在洞顶沉积，有些滴落到洞底，日久天长，洞顶的形成钟乳石，像冬天屋檐下的冰柱，洞底的形成石笋，像春天从地面下“冒”出来的竹笋，当钟乳石与石笋相连时就形成了美丽的石柱。

小化惊叹于大自然的鬼斧神工，此时雨也停了，小化继续上路了。

### 3 “等闲识得东风面，万紫千红总是春”——沁人心脾的花香，千变万化的花色

淌过一条小溪，小化便被一股清新的香味包围了，顺着香味寻去，只见眼前绿浪滚滚，真是“一畦春韭绿，十里稻花香”。小化想：未见其物，先闻其香，这不就是化学里常说的分子运动和熵变？香味分子从稻花里扩散出来是一个分子混乱度增加的过程，即熵增的过程，也就是化学王国里常说的自发过程，难怪隔着十里也能闻见稻花香呢。

沉醉在稻花香中，听着鸟鸣啾啾，阳光暖暖地打在小化身上，大自然真是惬意。小化蹦蹦跳跳地走着，不时和鸟儿打趣。走过一座桥，眼前出现了另一番景象，只见草地上姹紫嫣红，像五彩地毯般开满了野花，就像朱熹在诗里描绘的那般：“等闲识得东风面，万紫千红总是春”（图 2）。小化

想起在化学王国时化学老师曾讲过关于花和色素的关系：“鲜花之所以色彩斑斓，是有机色素的功劳呢。花瓣的细胞液中含有花青素、胡萝卜素、叶黄素等有机色素，一些花朵的颜色能在黄、橙、红之间变换，那是胡萝卜素和叶黄素的作用；一些花朵能在红、紫、蓝之间变化，那是花青素的功劳，花青素的颜色会随着 pH 的变化而变化(酸性时为红色，碱性时为蓝色，中性时为紫色)，而春天光照、温度及湿度都变化快，会引起植物细胞液 pH 的变化，从而导致花朵的颜色不断变化。此外，不同花朵所含的色素种类和数量不同，再加上色素随酸碱度的变化，才形成‘万紫千红总是春’的美景”。



图1 石笋石柱齐捧场<sup>[1]</sup>



图2 万紫千红总是春<sup>[2]</sup>

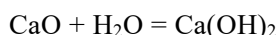
电子版为彩图

#### 4 “千锤万凿出深山，烈火焚烧若等闲”——千锤百炼的石头变石灰

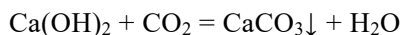
小化走过这片草地，又穿过一片树林，一座村庄出现在小化面前，这个村庄所有的房子都是白色的，就像刚下过雪那般，可现在并不是冬天呀？小化决定一探究竟，走近发现，一块硕大的石碑立在村口，上书：“石灰村”，背后还有一首诗：“千锤万凿出深山，烈火焚烧若等闲。粉身碎骨浑不怕，要留清白在人间”（图3）。小化瞬间明白了，原来见到的白色房子都是因为刷了石灰呀，看来这边盛产石灰石，难怪之前能看到石灰岩洞。走进村子，到处可见忙碌的村民，他们将一车车石灰石运往石灰窑，小化兴冲冲地跟上去，原来这是个大型的“实验室”呀！ $\text{CaCO}_3$  在石灰窑里“烈火焚烧”得到白色的  $\text{CaO}$ ，



$\text{CaO}$  与水反应“粉身碎骨”生成白色的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，



得到的石灰浆( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )用来粉刷墙壁，时间久了， $\text{Ca}(\text{OH})_2$  与空气中的  $\text{CO}_2$  反应生成白色坚硬的  $\text{CaCO}_3$ ，



所以看到的白色墙壁其实是  $\text{CaCO}_3$ ，石灰石历经千锤百炼，也“要留清白在人间”。诗人于谦借石灰抒发了自己不畏艰难、不怕牺牲、永葆清白的崇高情操。“自然界中这么不起眼的石头经过一系列化学变化过程，却能美化人们的生活环境，化学真是威力无穷。”小化心想。

告别石灰村，小化又踏上了旅程，一路上泉水叮咚、鸟鸣啾啾、山花烂漫，大自然赐予的美妙乐章令小化心旷神怡。

#### 5 “出淤泥而不染，濯清涟而不妖”——绝妙的“荷叶效应”

小化又翻过了好几座山，不知过了多久，眼看夕阳西下，眼前却出现了一波碧浪，红衣少女若隐若现，摇曳生姿，细瞧，原来是一大片荷塘，正是“接天莲叶无穷碧，映日荷花别样红”。小化看到荷叶和荷花“出淤泥而不染，濯清涟而不妖”，想起在化学王国里曾看到相关的文献，科学家

们试图从科学上解释这个现象。经过长时间的研究，他们把这种现象称为“荷叶效应”<sup>[4,5]</sup>，即在荷叶的表面存在着非常复杂的多重纳米和微米级的超微结构，荷叶表面有许多直径约  $5\text{--}9\text{ }\mu\text{m}$  的乳突，乳突之间平均间距约为  $12\text{ }\mu\text{m}$ ，每个乳突由直径约为  $200\text{ nm}$  的小突起组成，这些乳突在荷叶表面上犹如一个挨一个隆起的“小山包”，山包之间的凹陷处会充满只有纳米级厚的空气层，当尺寸上远大于这种结构的灰尘、雨水等降落在荷叶上后，隔着一层极薄的空气，只能同叶面上“山包”的凸顶形成几个点接触，落在叶面上的雨点在自身的表面张力作用下形成球状，只要叶面稍微倾斜，水球在滚动中吸附灰尘，并滚出叶面，最终达到自我洁净的效果，这也是荷叶总能一尘不染的原因(图 4)。

“荷叶效应”极大地启发了化学王国的科学家们，他们已经根据“荷叶效应”制备出超疏水仿生复合材料，如荷叶效应乳胶漆、仿荷叶织物、荷叶玻璃等<sup>[6]</sup>，只需一点水形成水滴，就可以自动清洁衣物和建筑物表面。“化学王国的前辈们居然能发现普通荷叶中的独特之处，研究其科学奥秘并得到启发，最终为人们所用，这大概就是自然科学的奥妙之处吧。原来生活中处处有科学，只是我缺乏那颗好奇的心，我合成的纳米材料是否具有类似“荷叶效应”的性质，在某些方面能造福人类？还是我探究得不够深入？”小化陷入了沉思。



图 3 烈火焚烧若等闲<sup>[3]</sup>

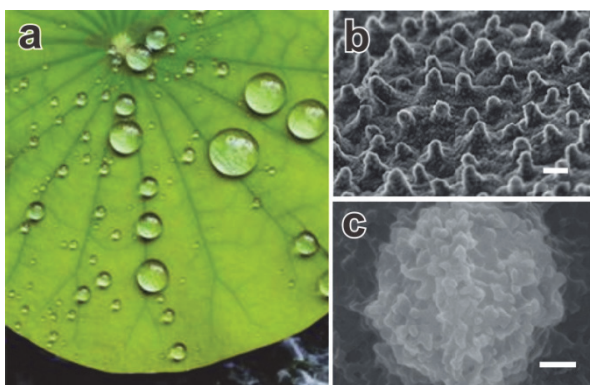


图 4 荷叶表面(a)及其在扫描电子显微镜下的形貌(b、c)<sup>[5]</sup>

b 中比例尺为  $10\text{ }\mu\text{m}$ ，c 中比例尺为  $1\text{ }\mu\text{m}$

## 6 “美人首饰侯王印，尽是沙中浪底来”——巧妙的物理淘金法

小化边想边走，不一会儿就穿过了这片荷塘，忽然听到阵阵欢声笑语传来，偌大的河边聚集了一群人，手里拿着一个中间微凹、两侧竖起的长方形木盘，只见他们弓着身子蹲在河边，时不时从水中挖出一点河沙盛在盘子里，双手扶着盘沿，把盘子放在水下轻轻地前后晃动，好像在洗沙子？小化好奇地上前一探究竟，领头的黄哥告诉小化他们正在沙里淘金呢，小化顿时理解了之前学过的那句诗“美人首饰侯王印，尽是沙中浪底来”的由来(图 5)。虽然化学王国已经有很多提炼金子的办法，但“重力选矿法”在诗歌王国居然也能看到。Au 的化学性质稳定，多以单质存在，在长期的迁徙中同泥沙混合形成沙金矿，Au 的比重为 19.3，较石英沙的比重 2.65 大得多，原来他们正是利用 Au 与沙子密度的差异，当木盘在水中晃动时，比重轻的泥沙纷纷被水带走，比重大的 Au 就会落到木盘的凹槽处，最终使得金沙分离。“他们真是聪明，居然想到用这种浅木盘淘金，极大地提高了淘金效率。但是沙中金的含量很低，淘金过程异常艰辛，不过‘千淘万漉虽辛苦，吹尽狂沙始到金’，正是因为他们‘巧’用木盘，日复一日年复一年地‘精’淘，坚持不懈地付出努力，才有可能得到梦寐以求的金砂。原来我只知道‘重力选矿法’能淘 Au，但是如果没有合适的工具也是枉然，同样的，在化学研究上不光要会‘想’，还要会‘做’<sup>[7]</sup>，更不能半途而废”，小化心中豁然开朗。

## 7 “饮罢一杯酒雄黄，闻得青衣粽子香”——诱人的“琼浆金液”

不知不觉已到正午时分，黄哥盛情邀请小化去他家做客。小化欣然接受，跟着他进了村子，小

化看到家家户户都在门口挂艾叶、包粽子，还能闻到雄黄酒的气味，真是“饮罢一杯酒雄黄，闻得青衣粽子香”(图 6)。黄哥问小化：“化学王国的人们在端午节也喝雄黄酒吗？”小化想了想说：

“我们喝雄黄酒也有很长的历史了，雄黄在化学王国的代号是  $\text{As}_4\text{S}_4$ ，他通常以桔红色致密粒状或块状存在于自然界，雌黄( $\text{As}_2\text{S}_3$ )和砒霜( $\text{As}_2\text{O}_3$ )都是他的好兄妹，他们家族常年在化学王国的黑暗角落，被称为‘毒药家族’，大家避之不及。”黄哥愣了一下说：“既然雄黄有毒，我们刚喝了雄黄酒，是不是要死了？”小化笑了笑说：“雄黄虽然有剧毒性，如果用得巧、用得妙的话却是一味中药，可用于败毒抗癌、消炎退肿，喝适量的雄黄酒可以‘杀百毒、辟百邪’，但是一定要注意用量，过量食用易使人中毒，轻者出现恶心、呕吐、腹泻等症状，甚至出现中枢神经系统麻痹，意识模糊、昏迷等，重者则会致人死亡。另外，雄黄酒还可外用，将其涂于小孩头额、耳鼻、手足心等处以避免毒虫危害。”黄哥长舒了一口气，点点头：“原来雄黄酒还有这么多讲究，我要告诉村里的人们，雄黄酒虽好，一定要少喝呀。”

告别黄哥一家，小化又踏上了旅程。



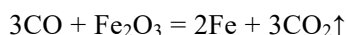
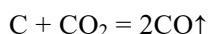
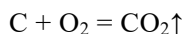
图 5 美人首饰侯王印，尽是沙中浪底来<sup>[8]</sup>



图 6 雄黄和雄黄酒<sup>[9]</sup>

## 8 “炉火照天地，红星乱紫烟”——精美的“秋夜冶炼图”

时间如白驹过隙，这天，天色渐晚，小化走在满是落叶的树林里，正准备爬到树上睡一觉，却看见远方天空红彤彤的，似火烧那般，还不时有断断续续的声音传来，小化困意全无，朝着那片红色飞奔而去。近前一看，原来是个炼铁厂呀，只见红彤彤的炉火熊熊燃烧，铁水飞溅如漫天红星，紫色的烟雾蒸腾而起，这不就是李白笔下描绘的秋夜冶炼图吗？！“炉火照天地，红星乱紫烟。郝郎明月夜，歌曲动寒川”(图 7)，他用雄浑的笔调，将这个光、热、声、色交相辉映，明与暗、冷与热、动与静烘托映衬的场景描绘得恰到好处，酣畅淋漓地塑造了古代冶炼工人的形象。这些现象在化学王国还有一番解释呢，常温下铁是黑色的，高温加热之后，铁原子的核外电子受到激发，由低能级跃迁到高能级(吸热)，然后由于电子在高能级不稳定，又跃迁回到低能级(放热)，同时放热并发出红光，所以铁水看起来是红色的；诗中的“紫烟”是  $\text{CO}$  燃烧的颜色，为什么会有  $\text{CO}$  呢？炼铁一般以赤铁矿石、焦炭(由煤炭提炼得到)为主要原料，赤铁矿的化学成分为  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，炼铁涉及到一系列化学反应：



提到炼铁，不得不提到煤炭，在化学王国里它的代号为  $\text{C}$ ，在诗歌王国叫乌金，有诗道：“凿开混沌得乌金，藏蓄阳和意最深。鼃鼃原赖生成力，铁石犹存死后心。”说的就是煤炭蕴藏大量的热能，铁鼎等物都是靠煤炭烧炼出来的，作者借煤为喻，表达自己拯救百姓，匡时济世的竭诚之志。

“原来化学反应不仅能创造新物质，诗歌王国的人们还能从化学反应中得到启发，汲取强大的精神力量，这又何尝不是另一种美？”小化心想。

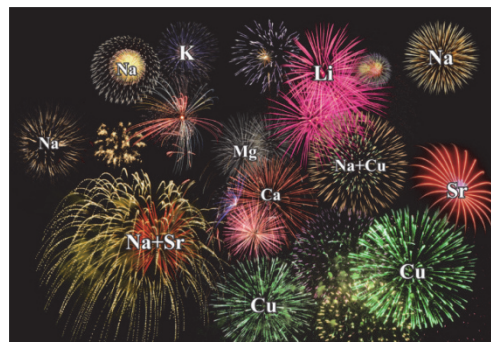
图7 炉火照天地，红星乱紫烟<sup>[10]</sup>

## 9 “东风夜放花千树，更吹落、星如雨”——五彩缤纷的烟火

诗歌王国真是奇怪呢，走着走着就走进了一个晶莹剔透的世界，像童话故事里的冰雪王国。小化对这突如其来的变化感到措手不及，想着赶紧找户人家避避寒。小化边想边走，不知不觉走到一户人家门前，小化看到院门上留了一行字：“绿蚁新醅酒，红泥小火炉。晚来天欲雪，能饮一杯无”（图8）？原来诗歌王国的人都这么古道热肠，小化心中顿时升起一股暖流。小化推开院门，深深浅浅的脚印蔓延开来，但院子里静得出奇，小化走近房门，他叩了叩门，主人热情地邀请小化把酒言欢，小化问主人：“院门上那首诗里说的难道是用绿色蚂蚁酿的酒吗？”主人乐呵呵地说：“‘绿蚁’在我们这里可不是绿色的蚂蚁，而是新酿的米酒上面飘着的绿泡。”小化想了想说：“哦，用化学王国的话说，其实是酿酒时器皿没有杀菌消毒，所以细菌繁殖，长出了绿菌。”

就在他们聊得正嗨的时候，听得外面几声巨响，小化赶紧推开窗户，只见“东风夜放花千树，更吹落、星如雨”，“纷纷灿烂如星陨，赫赫喧虺似火攻”（图9）。原来是烟花呀，主人高兴地说：“每年到元旦佳节，我们诗歌王国都会燃放烟花庆祝，这烟花还是你们化学王国制造的呢，那你一定知道烟花为何能绽放出这么美丽的图景吧。”小化自豪地说：“烟花由两部分组成，下部装有类似火药的发射药剂，上部装填燃烧剂、助燃剂、发光剂和发色剂，发色剂含有各种金属的无机化合物，当它们燃烧时会显示出不同的颜色，就是我们化学王国里说的焰色反应。用含有不同金属元素的原料就能发出不同颜色的光芒，如：含Na的物质呈现黄色，含K的物质呈现浅紫色，含Ca的物质呈现砖红色等等。将它们混在一起，便能营造出‘柳絮飞残铺地白，桃花落尽满街红’的绚丽画面。”主人又向小化敬了杯酒，道：“你们化学王国真是人才济济，化学真是充满魅力呀。”

小化倚靠窗户，跟主人聊着聊着，看着这五彩缤纷的夜空，突然有点想家了，想念可以造出火树银花的化学王国，想念能解释诗歌王国奇妙现象的化学王国，想念……可能是酒劲上来了，小化迷迷糊糊地睡着了。

图8 绿蚁新醅酒，红泥小火炉<sup>[11]</sup>图9 东风夜放花千树<sup>[12]</sup>  
电子版为彩图

## 10 “世上无难事，只怕有心人”——神奇美妙的化学

第二天，小化告别了主人，踏上了回家的路，一路上小化感慨颇多。小化刚进入化学王国的边境，就看到爷爷在城楼上跟他招手，小化兴高采烈地向爷爷奔去。爷爷捋了捋白花的胡子说：“活泼开朗的小化又回来啦，此次诗歌王国之旅有什么收获吗？”

小化不好意思地挠了挠头，说：“爷爷，谢谢您，我都明白了。原来化学不是枯燥的，也不是无用的，它蕴藏着无穷的魅力和威力：化学是‘美’的，它美在‘万紫千红总是春’的绚丽，美在‘红星乱紫烟’的恢弘，美在‘千树万树梨花开’的光彩夺目；化学是‘妙’的，正是因为化学王国人们的孜孜探索，才会发现荷叶‘出淤泥而不染’的奥秘，巧妙地利用‘荷叶效应’造福人类；化学是‘奇’的，它奇在‘石笋石柱齐捧场’的鬼斧神工，更奇在对‘量’的敏感，如果没有对‘量’的把控，雷雨便不再‘发庄稼’，雄黄酒也不再‘杀百毒’；化学是‘神’的，化学变化能在精神上启发人们，诗歌王国的人们从石灰煅烧中看到了‘粉身碎骨浑不怕，要留清白在人间’的不畏艰难的崇高情操，从煤炭炼钢中看到了‘鼯鼯原赖生成力，铁石犹存死后心’的匡时济世的竭诚之志，也让我从沙里淘金中明白‘千淘万漉虽辛苦，吹尽狂沙始到金’的真正含义。我领悟到在今后的科研长河中，我只有采用科学的方法并持之以恒，才能淘到属于我的‘金砂’，才能造福人类。”

爷爷笑了笑说：“不枉我一番苦心呀，化学王国本就如同诗歌王国那般美妙、神奇，你在诗歌王国看到的美景、喝到的美酒在化学王国都可以‘制造’呀，小化呀，世上无难事，只怕有心人。今后在科研上遇到问题可不能一味地退缩抱怨，只有找到科学的方法，坚持不懈，才能克服障碍取得胜利，才能为化学王国的子民们创造更美好的生活。”

小化点了点头，怀揣着对美好生活的憧憬又充满活力地投入科学研究中……

### 参 考 文 献

- [1] [2018-09-19]. <http://www.quanjing.com/imgbuy/ul1038-5159.html>.
- [2] [2018-09-19]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_48ae44e90102vuym.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_48ae44e90102vuym.html).
- [3] [2018-09-19]. [http://blog.sina.com.cn/s/blog\\_7eedeb2b010180h3.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_7eedeb2b010180h3.html).
- [4] [2018-09-19]. <https://baike.baidu.com/item/荷叶效应>.
- [5] Liu, M. J.; Wang, S. T.; Jiang, L. *Nature Reviews Materials* **2017**, 2, 17036.
- [6] 金俊, 王建坤. 河北纺织, **2007**, 13 (3), 26.
- [7] 任艳平, 董志强, 阮婵姿. 大学化学, **2015**, 30 (2), 22.
- [8] [2018-09-19]. <http://m.sohu.com/n/469732811/?mv=3&partner=olympic>.
- [9] [2018-09-19]. <https://baike.baidu.com/item/雄黄>.
- [10] [2018-09-19]. <http://www.huitu.com/photo/show/20161007/222104221013.html>.
- [11] [2018-09-19]. <http://report.hebei.com.cn/system/2016/11/04/017514948.shtml>.
- [12] [2018-09-19]. <http://www.nipic.com/show/8901860.html>.