

•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202208078

www.dxhx.pku.edu.cn

古诗里的中华瑰宝之光揭秘

周柳辰¹, 苏文韬¹, 邓文芳^{1,2,*}, 胡瑞祥¹, 谭亮¹¹ 湖南师范大学化学化工学院, 长沙 410081² 湖南师范大学化学化工国家级实验教学示范中心, 长沙 410081

摘要: 通过借用《华夏诗词藏瑰宝》节目, 将脍炙人口的古诗词与化学科学相结合, 采用拟人化的方式演绎并讲述诗词中具有神秘光彩的中华瑰宝, 揭秘它们发光背后的故事, 使读者在趣味阅读中认识这些瑰宝的珍贵之处及蕴含的化学知识。

关键词: 古诗词; 夜光杯; 夜明珠; 琥珀; 水晶

中图分类号: G64; O6

Revealing the Light of Chinese Treasures in Ancient Poems

Liuchen Zhou¹, Wentao Su¹, Wenfang Deng^{1,2,*}, Ruixiang Hu¹, Liang Tan¹¹ College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan Normal University, Changsha 410081, China.² National Demonstration Center for Experimental Chemistry and Chemical Engineering Education, Hunan Normal University, Changsha 410081, China.

Abstract: By borrowing the four gems in the “Treasure Hid in Chinese Poetry” and introducing their main components, functions and chemical principles in a personified way, the readers can understand the preciousness of the four gems and the chemical knowledge contained in the interesting reading.

Key Words: Ancient poetry; Luminous cup; Night-luminescent pearl; Amber; Crystal

千呼万唤始出来, 盼望着, 盼望着, 《华夏诗词藏瑰宝》终于如期与大家见面了。主持人在大家殷切的目光中致辞道: “历遍诗词山河, 寻游千年瑰宝。要问化学何在, 贯穿古今中外。在中华上下五千年的诗词文化中, 有‘遥知不是雪, 唯有暗香来’的暗香扩散、有‘粉身碎骨浑不怕, 要留清白在人间’的石灰煅烧, 原来不仅在现代, 古代的诗人们也时常与化学‘邂逅’, 原来对于美的追求, 从古至今, 未曾改变。古有文人墨客藏瑰宝于诗文书画中, 今有我们《华夏诗词藏瑰宝》重现神奇瑰宝, 今天我们的主题是——古诗里的中华瑰宝之光揭秘, 我们将携手四位神秘嘉宾, 透过诗词讲述他们的前世今生, 揭开这些瑰宝之光的秘密。下面请让我们欢迎第一位嘉宾闪亮登场!”

1 葡萄美酒夜光杯

“葡萄美酒夜光杯, 欲饮琵琶马上催”, 唐代诗人王翰的《凉州词》将大家带到了唐代西域的戍边生活, 甘醇的葡萄美酒盛满在精美的夜光杯中, 歌伎们弹奏起急促欢快的琵琶声为将士们助兴

收稿: 2022-08-15; 录用: 2022-12-30; 网络发表: 2023-02-22

*通讯作者, Email: dandy3-3@163.com

基金资助: 湖南省普通高等学校课程思政建设研究项目(HNKCSZ-2020-0097); 2022年第二批教育部产学研合作协同育人项目(220803893292434); 湖南师范大学树达学院教学改革研究项目(院行发教字 [2022] 35号)

催饮。

在热烈的掌声中，灯光忽灭，第一位嘉宾摇曳着闪烁而柔和的荧光裙摆出现在舞台上，观众们大声欢呼，好奇地张望，聚光灯打在舞台中央，夜光杯露出真身。

“大家好，”夜光杯就着灯光华丽转身，“自古‘酒泛夜光杯’广传佳话，早在2000多年前的西周，我们有幸被当作贡品进献给周穆王。到了唐代，我们成了天下皆知、举世闻名的存在(图1)。我们一般是由上等白玉制作而成，白玉本是非常稀缺的物品，又贵为贡品，所以价格斐然。我们的化学组成是一种蛇纹石(Mg 、 Fe 、 Ni) $_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ，莫氏硬度不小于4度，密度为 $2.57\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。另外，我们体色各有千秋，有的呈现出绿色、有的呈墨绿色、有的呈黄绿色等^[1]。而且，我们的杯身挺拔，身形曼妙，精巧玲珑，肤色润泽，紧致有型。”



图1 夜光杯

“原来如此，感谢夜光杯向我们讲述了自身由来，不过还有一个令大家很好奇的问题，那就是对月饮酒时你们杯身为什么是光彩熠熠的呢？”

夜光杯不紧不慢地说：“首先我向大家普及一下发光的原理。发光其实是一种物质释放能量的方式，根据能量守恒定律，物质本身的能量会减少，物体将来自于外界环境或本身的能量以‘可见光’的形式向外界辐射即发光。”

她神秘地说道：“告诉大家一个小秘密，其实我们夜光杯本身在夜间不能发光，大家是不是被我们的表面欺骗了。”夜光杯有点得意地笑了。

“大家知道光是沿直线传播的，当光线投射于材料表面后，一部分光被反射，另一部分光被材料吸收，剩下的光会射出(图2)。那你们知道我们杯身发光是哪部分光吗？”

夜光杯自问自答道：“大家看到我们杯身发光其实是外界入射光经过反射、折射等过程后向外散发出来的。大家知道光是一种有动量和速度的粒子，当它们通过杯壁时会发生衰减，衰减程度取决于光的反射、吸收和散射。由于我们夜光杯自身材料的特点，对可见光具有较少的反射、散射和吸收，因此透光率高。我们的杯身晶莹剔透、壁薄如纸，杯身及杯中酒相互折射月光，这种熠熠生辉的景象成就了我们夜光杯这一佳名。”

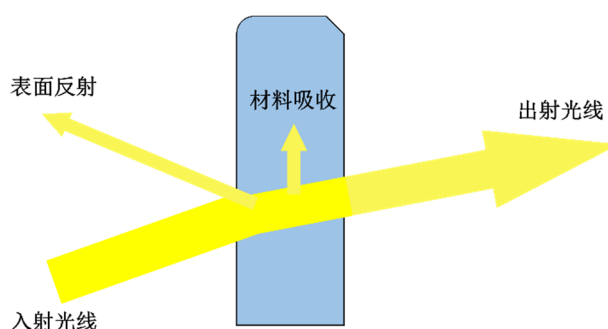


图2 束光透过物体的情况

观众们了解清楚之后不由得鼓起掌来，感叹道：“若非技艺精湛，难成千古瑰宝。”夜光杯深鞠一躬与观众告别，沿着来时的路缓缓下场。

2 沧海月明珠有泪，蓝田日暖玉生烟

主持人：“谢谢第一位嘉宾的精彩自述，让我们揭开了夜光杯的真实面纱。接下来要登场的这位嘉宾与上一位嘉宾的名字有一字相同，想必大家都已经猜到是谁了，那就是夜明珠。夜明珠自被发现以来就被视为珍宝，直至今天，天然夜明珠依旧价值连城。如此珍宝从何而来呢？下面有请第二位嘉宾夜明珠！”

夜明珠在众人期待的欢呼声中抬手作指月状，念道：

“皎洁圆明内外通，清光似照水晶宫。”

观众惊叹于夜明珠的光辉，欢喜之余又闻，

“秋霜切玉剑，落日明珠袍。”

一语作罢，夜明珠开始正式自我介绍：“大家好，我是夜明珠，由发光矿物经过加工后制成，是世界公认的稀有珍宝(图3)。”



图3 夜明珠

“刚才第一位嘉宾夜光杯给我们介绍了她们其实本身不发光，那你们夜明珠是不是自己会发光？”主持人问道。

夜明珠继续娓娓道来：“我们被称为夜明珠，那可是名副其实的能够发光哦。我们夜明珠是由于自然界的地质作用所形成的具有磷光效应的萤石，主要化学组成是氟化钙(CaF_2)，我们这个家族的颜色多种多样，有紫红、翠绿、浅蓝色等。这是由于结晶过程中稀土元素进入晶格内，稀土杂质的掺入使我们不仅更漂亮，而且发光性更好。”

“当我们身体内含有微量稀土元素后，在常温下经阳光或其他光源照射一段时间后，吸收的光能使得我们身体内低能态的电子跃迁至较高能态；当外界的能量停止时，高能态的电子则自发地回到较低能态并将能量以荧光或磷光的形式放出(图4)，这也是我们能在黑暗的环境下观察到发光的原因^[2]。”

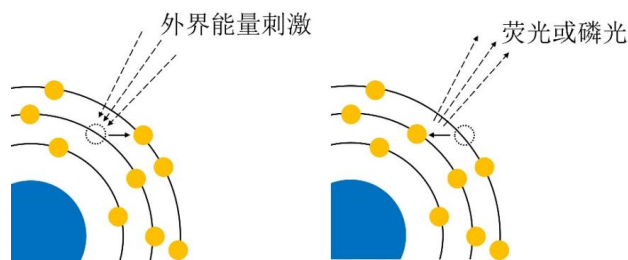


图4 外界能量激发荧光、磷光基本原理

主持人问道：“那是不是所有产生夜光的原理都是这样呢？”

夜明珠答道：“人们所熟知的“夜光”其实是磷光哥哥和荧光弟弟这一对孪生兄弟的总称。无论是磷光哥哥还是荧光弟弟在外界能量激发后都能继续发光。当入射光源切断后，磷光哥哥发光时间长，而荧光弟弟则会很快消散。所以大家所能观察到的发光现象一般都是磷光哥哥。”

“那他们两兄弟的特点分别是什么呢？我们要怎么区分是磷光哥哥还是荧光弟弟？”

“其实呀，无论是磷光哥哥还是荧光弟弟，都是由于电子激发至高能态后返回低能态的过程，而两兄弟所经历的路程不同。通过图5的Jablonski图我们可以知道，磷光哥哥相比起荧光弟弟多了一个电子激发之后通过系间窜越来到激发三重态的过程。相比起荧光弟弟的电子直接由第一激发态回到基态的高发光速率过程，磷光哥哥则是电子由激发三重态回到基态，这个过程发光速率常数低，所以发光过程会持续更久的时间。”

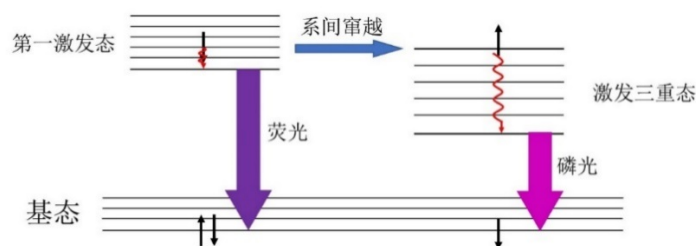


图5 Jablonski图

主持人继续问：“是不是所有的荧石都是夜明珠？你们晚上会一直发光吗？”

夜明珠骄傲地说：“当然不是所有的萤石都能称为夜明珠，若要成为夜明珠可是有严格标准的。首先需要满足在黑暗下发光持续半小时以上，并且借助该光源在0.33 m范围内能看清直径为5 mm大小的球状物体才能称为夜明珠。夜明珠的发光持续时间长达几小时至十几小时，发光的强弱和时间，与身体内所含的稀土元素及激发能量有关。”

“如果没有外加能量或激发条件，我们也会偷懒，进入休眠时期韬光养晦^[3]。”夜明珠偷笑着说。

主持人问：“你们的发光原理在人类的生产生活中有哪些应用呢？”

夜明珠答：“夜光材料应用在农业、工业、医药学等多个方面，主要有装饰、工艺玩具、指示标志等，大家可以在家中不引人注意的角落发现我的身影，比如电灯开关、钟表指针等。如果小朋友们穿上夜光的衣服，也可在夜晚提醒开车司机。”

主持人：“好的，谢谢第二位嘉宾夜明珠给我们带来的精彩表现，她不仅价值昂贵，而且也有很大的应用价值。”

3 兰陵美酒郁金香，玉碗盛来琥珀光

“下面的这位嘉宾，他自远古而来，能将时间封存，今天十分有幸能请他来到现场，让我们掌声有请第三位嘉宾——琥珀！”只见偌大的舞台上不见其人，某处传来吟唱声：

“兰陵美酒郁金香，玉碗盛来琥珀光。”不禁将观众带到有琥珀般光泽的玉碗盛满美酒这一浪漫的气氛中，紧接着又道来：

“琥珀装腰佩，龙香入领巾，只应飞燕是前身。”忽地将观众转入了腰佩琥珀、闻歌起舞的迷离氛围之中。

琥珀站上舞台露出庐山真面目，在灯光下他通体透亮，光泽细腻，娓娓道来：“大家好，我叫琥珀，我们的前生是由松柏科和豆科植物分泌的有机物——琥珀酸和琥珀树脂，因被长久深藏于地下，在压力和热力两大势力的压迫下，经过一系列缩聚反应、固化成就了我们琥珀家族。”

“那你们的主要成分是什么呢？”主持人问道。

“我们主要元素是碳、氢、氧，密度在 $1.1\text{--}1.16\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，可以浮于饱和的食盐溶液中，熔点在 $150\text{--}180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，燃点在 $250\text{--}375\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。值得一提的是，经历过千万年的锤炼后，我们家族具备了一种特殊的光致冷发光性质，即在紫外线下会散发蓝色、浅黄色以及浅绿色荧光。”

“除了好看的外表，我们琥珀还有其他选手都不具有的香味呢。”琥珀自豪地说，“如果大家凑近点，会闻到我们的身体散发出一股芳香的松香气味，这是由于我们身体内含有芳香族化合物的缘故。与第一位嘉宾夜光杯一样，我们也是非晶质体，具有油脂光泽，常常呈透明至半透明状。一般情况下我们是绝缘的，但是用毛皮磨擦后，我们可以带电并能吸附小碎纸片哦^[4]。”

主持人接着问：“有传闻将琥珀称为‘太阳的眼泪’，你们可以介绍一下这样的美誉从何而来吗？”

“这其实是西方神话赋予我们的美称，讲的是我们的大哥金色琥珀。他们是树脂脱水后产生大量微小的气泡形成的，在阳光下发生折射，闪闪发光，从而形成了我们琥珀这超高的‘颜值’(图6)。琥珀的饰品也广为流行，但是需要注意的是，我们琥珀作为一种有机物可以溶解于像酒精这样的有机溶剂，所以在佩戴过程中需要避免二者接触。”



图6 金色琥珀(左)和蓝色琥珀(右)

电子版为彩图

“琥珀可真是一个神奇的家族，我想除了你们大哥应该还有其他传奇人物吧？”主持人好奇地问。

“我们家族的确远不止如此，由于树脂的种类不同，经历的反应不同，最终所呈现的颜色也不同。比如二哥蓝色琥珀是由于高温使地层中掩埋的琥珀发生热解，在热解过程中产生的荧光物质——多环芳香分子融入到琥珀之中，形成了蓝色这样的神秘色彩^[5]。当然，多种多样的多环芳香分子由于分子结构的不同而体现出多样的荧光性质，体现为不同颜色的荧光，因此也常常用作荧光染料(图7)。”

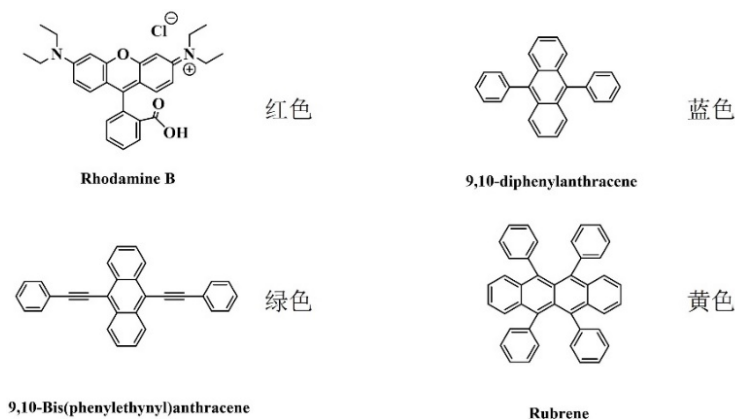


图7 几种常见的荧光染料的结构及其颜色

“每一块琥珀都是一段被封印的古老时光，透过琥珀，人们可以从中看到地球的往事，”琥珀感叹道，“因为我们身体会包裹一些古代的动物、植物、杂质等，按照内含物可以将我们分为虫珀、植物珀、情景珀等。人们利用元素分析、气质联用、傅里叶变换红外光谱等手段对具有内含物的琥珀进行化学成分的分析以辨别琥珀内的物质及古代的环境信息，比如当时的地质年代、大气含量等。对琥珀内含物的研究，对了解动物演化、古生态学和古地理学等方面都有重要的意义。”

“那你们为追古溯源提供了很大的帮助呢！”主持人惊叹道。

“大家不知道吧，小小的我们还有大大的药用价值呢！比如我们具有活血散瘀、改善血液流动、镇静安神的功效。早在《山海经》中就有记载：‘丽鬻之水出焉，而西流注于海，其中多育沛，佩之五癰疾。’其中‘育沛’便是琥珀，说的是佩戴上琥珀便不会患寄生虫引发的疾病。”

观众们一片惊叹，没想到琥珀有这么多贡献！

“谢谢第三位嘉宾的详细介绍，让我们了解到了琥珀不一样的一面！”主持人称赞道。

4 却下水晶帘，玲珑望秋月

“接下来是今天的最后一位嘉宾——水晶，让我们期待一下今天她又将带给我们怎样精彩绝伦的表现，大家掌声欢迎！”

主持人对于今天的这位压轴嘉宾也是十分期待。

随着幕布渐隐，四号嘉宾水晶在昏暗的灯光下闪耀动人，她来到舞台中央，一盏聚光灯忽地打在水晶身上，灯光经过反射让观众仿佛置身浩瀚星河之中，随后传来美妙的吟唱声：

“水晶宫里，一声吹断横笛。”

“却下水晶帘，玲珑望秋月。”

“晓上青原台上望，千门万户皆水晶。”

正当大家陶醉于诗词之美时，水晶开始做自我介绍：“大家好，我是水晶，古时人们给予我们的爱称有千年冰、水玉、水精等。我们的主要化学成分是二氧化硅，化学式为 SiO_2 ，密度为 $2.66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，熔点为 1713°C 。我们是二氧化硅的完美结晶，透明似水的石英晶体，故称为水晶。在太阳光照射时，我们能放出美丽的光彩。我们还有个特异功能，当我们在受到压力时会产生电荷，受到电压作用时会产生振动^[6]。”

主持人诧异道：“你们既然硬度那么大，那为什么大家给你们安上‘易碎品’的标签呢？”

水晶不慌不忙地回答道：“那是大家没划清‘硬度’与‘韧性’的界限。”

“硬度所反映的是抵抗硬物压入其表面的能力，俗称‘抗压能力’，而韧性是物体柔软不易折断的性能，比如能屈能伸就代表一种韧性。我们因特殊的结构，外表虽然坚硬，其实十分柔弱，很容易遭受外力而碎成小块。”

水晶继续说道：“我们具有很高的透明度，纯净时形成无色透明的晶体，这一点和我的好朋友金刚石也就是钻石相同。不过，与他不同的是我们结晶形成的是六方柱形水晶晶体，所有的晶尖都会向心而长，也就是朝向中心的方向规则生长。”

水晶继续骄傲地说：“大家看到的今天的我们看似像清晨初生的露珠般清澈透亮，实际我们的年龄远超想象，我们的形成通常需要千百万、甚至是上几亿年的沧海桑田，需要多种地质条件共同作用，这里我不得不自夸一句‘我们真是天地之精华、人间灵物！’”

“哇！真的让我们涨了不少知识呢，在日常生活中，我们都知道水晶的颜色丰富多样，那你们为什么会有那么多颜色呢？”主持人疑惑地问道。

“的确，我们的家族十分庞大，之所以能呈现出色彩斑斓的颜色是因为我们水晶在亿万年的时间里在高温高压的环境下生长，在这个过程中往往会出现一些晶格缺陷，这个时候，环境中的其他金属离子便乘机进入到我们身体内的这些晶格缺陷中(图8)，因此会呈现出不同的颜色。”

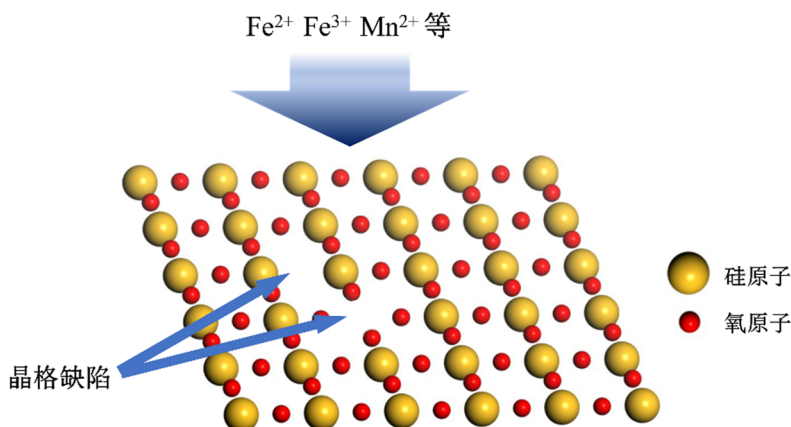


图8 杂原子掺入二氧化硅晶格缺陷示意图

“而不同颜色的水晶都会有自己独特的魅力，比如我们无色水晶是纯净的二氧化硅结晶体，而大姐紫水晶，她的成分中含有微量的铁离子(Fe^{3+})和锰离子(Mn^{2+})，二姐黄水晶含有微量亚铁离子(Fe^{2+})，三姐烟晶含有微量的铝离子(Al^{3+}) (图9)，此外还有一些远房亲戚由于含有铬、铜、铁等离子在光线下发生折射产生多种颜色^[7]。”



图9 紫水晶(左)、黄水晶(中)和烟晶(右)

电子版为彩图

“原来如此，精妙绝伦的水晶都大同小异，但我们更好奇你们还有哪些奇妙的用途呢？”

“我们水晶不是空有其表，作用大着呢！”

“在我们的家族里，大家工作的岗位也是不胜枚举，上至浩浩长空，下至万里海底，都有我们的身影，像无线电通讯和有线通讯都离不开石英谐振器或水晶滤波器，在水泥、陶瓷等无机化工行业也能看到我们的身影。但是呀，我们水晶硬度大、熔点高、化学稳定性高，一般的酸奈何不了我们，却害怕我们的劲敌氟化氢。在短时间内低浓度的氟化氢水溶液就能将我们光滑的皮肤腐蚀得面目全非(式(1))，我们的身体则‘羽化而登仙’，化为一缕气体(SiF_4)飘散。这种特殊的性质使得我们在芯片制造、高性能材料制备等方面具有重要运用。”



观众们都惊异于水晶虽是尘埃之躯却在很多地方发挥着至关重要的作用，水晶言罢便响起了阵阵掌声，水晶鞠躬致谢后在掌声中走下舞台。

主持人总结道：“在诗词中，无论是夜光杯、琥珀、夜明珠还是水晶，在化学的世界中独具魅力，他们不再是一件件供人玩赏的宝物，而都是极具情感与生命的元素，或闪耀、或温润。每一位嘉宾伴随着诗词出场时，他们身上散发着的光芒闪烁动人，这些旷世瑰宝在诗词中收敛锋芒，只留下淡淡柔和的低调气息。我们《华夏诗词藏瑰宝》节目正是通过这样的方式让深藏的瑰宝显露，让

瑰宝背后的化学原理走近观众的生活。至此，本期《华夏诗词藏瑰宝》之‘古诗里的瑰宝之光揭秘’不知不觉已接近尾声，我相信有很多观众和我一样意犹未尽，还想了解更多优美的诗句及其背后的化学知识，其实我们在闲暇之余也可以再去翻翻诗词读物，去探索化学之美！最后非常感谢各位嘉宾的精彩揭秘，也非常感谢观众朋友们的关注与大力支持，期待我们明年再相聚！”

参 考 文 献

- [1] 王春云. 珠宝科技, **2004**, 16 (55), 43.
- [2] 闵红, 刘曙, 朱志秀, 周海. 理化检测-化学分册, **2020**, 56 (1), 90.
- [3] 房笑淳, 陈迎斌. 岩石矿物学杂志, **2014**, 33 (2), 107.
- [4] 孙雨萌, 沙鑫, 黎庆玲, 董文昭, 曲泓屹. 科技风, **2022**, 2 (2), 92.
- [5] 杨一萍, 王雅枚. 宝石和宝石学杂志, **2010**, 12 (1), 16.
- [6] 李溪, 吴怡悦, 白俊杰, 何涛. 科技创新与应用, **2019**, No. 26, 53.
- [7] 曹盼, 虞澜, 祖恩东. 光散射学报, **2017**, 29 (2), 177.