

物理与诗歌同行

戴念祖[†]

(中国科学院自然科学史研究所 北京 100190)

2014-03-03收到

† email: nzdai@sina.com

DOI: 10.7693/wl20141005

在中国古代丰富的文化典籍中，诗词歌赋占有相当份量。其中一些诗词精彩地描述了物理现象。此可谓“物理与诗歌同行”（此“行”读xing，不读hang）。虽然诗人们未必知晓其所描述的现象之物理本质，但关注物理现象并将其入诗，却是值得称道的。这些诗词反映古代人如何看世界。本文特作一介绍，以飨读者。

1 有关相对运动的诗

梁元帝萧绎(508—554)《早发龙巢》：

征人喜放溜，晓发晨阳隈。初言前浦合，定觉近洲开。

不疑行舫动，唯看远树来。还瞻起涨岸，稍隐阳台台^[1]。

诗中“隈”，今读wei，古读wai。古音“隈”与“开”、“台”押韵。“隈”指城角水弯处。该诗述及梁元帝本人清晨从春阳城角开船远行，如同征战武士早晨喜欢遛马一样。他站在船头，“不疑行舫动，唯看远树来”。此情之下，船与河岸山林是谁在运动的问题，正是相对运动的经典例子(见图1)。

唐代敦煌曲子中有首《浪淘沙》词，其作者不明。全曲如下：

五两竿头风欲平，张帆举棹觉船行。柔橈不施停却棹，是船行。

满眼风波多陕灼，看山恰似走来迎。仔细看山山不动，是船行^[2]。

诗句中“陕灼”乃“闪烁”的

异体字。“五两竿头”原误为“五里竿头”。它指安装在船头上的相风竿，竿上挂约“五两”轻质毛绒物，风吹见其动及所动方向，由此判断风力及风向。词作者立于船头，他所选定的参考系及其有关运动的感受，比《早发龙巢》更为具体入微。

2 关于泊舟的物理现象

唐代诗人韦应物(737—790)的《滁州西涧》早已列入小学语文课本之中。它写道：

独怜幽草涧边生，上有黄鹂深处鸣。

春潮带雨晚来急，野渡无人舟自横。

韦应物可能是第一个观察到并描述“舟自横”现象的诗人。宋代宰相寇准(961—1023)在其诗《春日登楼怀旧》中写道：

高楼聊引望，杳杳一平川。

野水无人渡，孤舟尽日横。

寇准对泊舟现象的描述，无疑是韦应物的继承和发挥。后来还有诗人继韦应物之后对泊舟作类似观察与描写。非但如此，甚至小说家罗贯中(约1330—1400)亦在其名著《三

国演义》中有一段有趣的叙述。该书第四十九回“七星坛诸葛祭风，三江口周瑜纵火”。其中言及，诸葛亮借得东风后，知周瑜不容，连夜赶回蜀属地夏口；子龙来接，而吴国大将徐盛奉命追杀亮。此时，“赵云拈弓搭箭，立于船尾大叫道：‘吾乃常山赵子龙也，奉命特来接军师，你如何来追赶？本待一箭射你死来，显得两家失了和气，教你知我手段’。言讫，箭到处，射断徐盛船上篷索。那篷索落下水，其船便横。赵云却叫自家船拽起满帆，乘风而去”。

泊舟的力学现象入了小说类文艺作品，可见古代人对此现象的广泛认知程度。

所谓“舟自横”，是指停泊的舟与水流方向垂直(见图2)。一般人会以为它是沿水流方向静止下来的。古人只是反复描述了该现象，并未作出物理解释。为什么“舟自横”呢？



图1 行船山水画(来自网络<http://www.baozang.com>)

1992年国际声学大会在北京召开。中国声学界在准备此会过程中，老一辈声学家马大猷、汪德昭、魏荣爵等一致提议，制作“中国古代声学成就”录像片在大会上播放。本文笔者是这录像脚本的执笔人。1991年春天在中国科学院声学研究所的一次讨论会上，马大猷先生指出，《滁州西涧》中的“舟自横”现象与瑞利(Lord Rayleigh, 1842—1919)声盘的原理一致。该盘在声波力偶作用下将发生回转，测其回转角即可求出声场粒子的速度，也即声速。声盘的转动方向与声波传播方向成直角。由是得知，自由的泊舟两端在水波力偶作用下绕其重心旋转，直到水波流动方向与舟体(一般可视为椭圆)长轴垂直时舟即静止不动。后来，这

个解释被笔者撰入1994年版的《中国声学史》中^[3]。2006年，工程力学家王振东先生收集了历史上一些有关“舟自横”的诗词与文学作品，并在《力学与实践》杂志上撰文刊发。该文从力学意义上解释“舟自横”现象。文中指出，椭圆长轴与水流垂直时为舟体稳定平衡^[4]。真可谓，古代文儒书生诸多观察，今日理工博士众口解析。

3 关于镜面反射和镜面对称

铜镜在古代是极为珍贵物品。历代文儒们屡屡将其入诗入画，以抒发情感。本文引几首与科学技术相关的诗。

北周文学家庾信(513—581)《咏镜诗》写道：

玉匣聊开镜，轻灰暂拭尘。光如一片水，影照两边人。

月生无有桂，花开不逐春。试挂淮南竹，堪能见四邻。^[5]

这首诗描述了作者对镜的喜爱。他在闲暇时打开玉质镜盒，轻轻地擦拭其表面尘土。铜镜的光亮如同水一般，照镜时影与人分列镜面两端。铜镜明净圆满如同月亮，却没有桂树；花朵在其镜像中仿欲开放，但不为春天而开。倘使支起一根竹竿，将镜挂于竿的高端，你就能足不出户而看清墙外的动静景致(见图3)。

早在西汉初期，

淮南王刘安(前179—前122)在《淮南万毕术》中曾记述“高悬大镜，坐见四邻”的文字。从刘安到庾信七百年间，对此“悬镜”技术描写不断。但庾信是第一个将此技术入诗的人。

庾信还有《镜赋》一篇，其中文字很可能是中国古代“透光镜”的最早描述。古代人所谓“透光镜”，即镜面为不等曲率的平面镜。我们引《镜赋》中一段：

……镜乃照胆照心，难逢难值。镂五色之盘龙，刻千年之古字。山鸡看而独舞，海鸟见而孤鸣。临水则池中月出，照日则壁上菱生。暂设妆奁，还抽镜匣。……^[6]

“透光镜”之意是：该镜映日光于白色墙壁(屏)上，在墙面的反射光区中可见镜背之花纹图案。从战国以来，此类镜为历代工匠所制。首次对此镜作出科学的工艺解释的是宋代学者沈括(1031—1095)。庾信《镜赋》可能是最早对此类镜的现象作出描写。它记述了该类镜背面“镂五色之龙盘，刻千年之古字”，又指出此镜“照日则壁上菱生”。“壁”即墙壁(或屏幕)；“菱”指“菱花”，即镜背图案。宋代陆佃《埤雅》(一本文字解读著作)云，“镜谓之菱花”^[6]。以镜背菱花称呼铜镜，此后成为传统^[7]，如“云雷纹镜”、“蟠螭纹镜”、“八乳钉纹镜”、名称之复杂者有“青龙白虎方格规矩镜”一类。将此类铜镜对日映照，其反射光投于墙面，能在墙面光中见其镜背图案者(即“壁上菱生”)即是透光镜。上引庾信赋中之一段，就是此意。

古代中国学者没有从反射镜中发现反射定律，但关于镜面对称现象却早有记录。萧梁朝儒生王孝礼(生卒年不详)的《咏镜诗》



图2 野渡无人舟自横(来自网络 <http://auction.artxun.com/pic-162394098-0.html>)



图3 宋菲君手绘高悬大镜则照四邻图

写道：

可怜不自识，终须因镜中。
分眉一等翠，对面两边红。
转身先见动，含笑逆相同。
犹嫌镜里促，看人未好通^[1]。

这首诗的意思是：人不识自己脸面长相，需要用镜子照看(见图4)。在镜中，看到自己一等翠眉(妇女画眉)、双唇红润；你想转身立即见像先动起来，含笑时左右嘴角哪边微微上翘，人与像总是“逆相同”的。若嫌照镜窘促，不妨试看与你相同的人，但你会发现，没有一个人会和你完好地相同(“通”借用)。

在这里，“转身先见动，含笑逆相同”，描述的现象正是我们今天常说的“镜面左右对称”，也可谓之“宇称”。

在人们探讨宇称守恒或不守恒的认知历史时，常有人问及，在浩瀚的古籍中为何没有“镜面对称”的描述？王孝礼的《咏镜诗》可代表古人回复也。

4 关于小孔成像

以“物、孔、屏”三者做成像实验，不难发现：小孔成像如物，大孔成像如孔。从战国《墨经》相关记载到清代晚期，小孔成像构成中国光学史的内容丰富的一章。然而，以诗歌形式描述它，当算萧梁朝沈约(441—513)的《咏月诗》为首。该诗写道：

月华临静夜，夜静灭氛埃。
方晖竟户入，圆影隙中来。
高楼切思妇，西园游上才。
网轩映珠缀，应门照绿苔。
洞房殊未晓，清光信悠哉。^[8]

显然这是首描写才子佳人暨洞房初夜的诗。诗人从“月光”的角

度切入主题，以至深夜月光入洞房，照到“网轩”(类似夏日蚊帐)和花花绿绿的铺盖(“绿苔”)上；初婚者一夜未觉，任凭月光悠然而去。这首情诗的第二句，却完全是物理现象的真实写照：月光从门户而入，光亮如门一样大；月光从孔隙中来，光亮是圆的。诗作者如实地记下了小孔成像的物理实验的结果，但他未必做过这类实验。他是自然现象的忠实观察者。



图4 宋人绘《半闲秋兴图》局部



图5 晶体对称性“雪花”图(引自网络 <http://www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/>)

5 晶体的对称性

具有对称性的晶体颇受古人青睐。在本草药物著作中，古代人以对称性作为矿石药物真伪的判断标准，可见古代中国相关知识的丰富。中国科学院物理研究所前副所长陆学善先生在上世纪70年代中后期曾撰文《中国晶体学史料掇拾》^[9]，这长篇巨著极大地拓展了古代中国物理学史的内容。

在各种晶体中，雪花的对称性最早为中国人所观察到(见图5)。西汉学者韩婴(生活于公元前2世纪)在其《韩诗外传》中曾述及，“凡草木花多五出，雪花独六出”^[10]。由此引起后代学者不间断地观察并文字记述之。最早将雪花对称性入诗的，还是北周诗人庾信。他在《郊行值雪》一诗中写道：

风云俱惨惨，原野共茫茫。
雪花开六出，冰珠映九光。^[11]

在西方，关于雪花的观察记述，是在约公元1260年才有“星芒状”的文字，直到1611年开普勒(J. Kepler, 1571—1630)方指出它为“六角形”^[9]。

庾信该诗中的“冰珠映九光”一句，用现代话说，就是透明晶体(“冰珠”)折射阳光后的色散现象。庾信的观察描述也是确切的。庾信(513—581)，字子山，南阳新野(今属河南)人。初仕梁，后历仕西魏、北周，官至骠骑大将军，开府仪同三司。善诗赋、骈文，为当时宫廷文学代表。史载其“文绮艳”，后进者“竞相模范，每有一文，都下莫不传诵”^[12]。《周书》、《北史》有其传。以上所引其《咏镜诗》、《镜赋》和《郊行值雪》三篇，足见其对自然现象的观察极为认真、仔细。

与庾信齐名的文学家徐陵

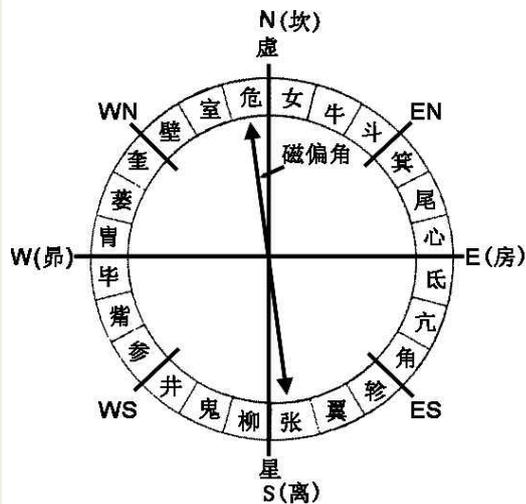


图6 古代罗盘(方形)方位的现代(圆形)标示图

(507—583)在其《咏雪诗》中也描写雪花六重对称性。该诗写道：

琼林玄圃叶，桂树日南华。
岂若天庭瑞，轻雪带风斜。
三农喜盈尺，六出舞崇花。
明朝阙门外，应见海神车。^[13]

此诗描绘宫内外下雪情景，其中，“三农”似指“耕、桑、牧”三者，“六出”即是雪花。徐陵在《南史》、《陈书》中也有传。

6 雨虹形成的气象条件

萧梁朝文学家刘孝威(约490—549)在《和皇太子春林晚雨诗》中指出了雨虹形成的气象条件。该诗如下：

云树交为密，雨日共成虹。
电舒长男气，枝摇少女风。
叶珠垂滴水，檐绳下溜空。
蝶濡飞不颺，花沾色更红。
……^[14]

下雨和太阳同时出现，天上才产生虹。于是，“雨日共成虹”一词成后世气象俗语。

与罗盘的方向，它们分别指正北、北偏西、南偏东。在后来的圆形罗盘中，危与张是通过圆心的一直线(见图6)。“坎”、“离”是以八卦表示的正北、正南方位。《针法诗》记述的指南针方向在“虚危”之间。从图6可见，每个文字表示的方位为15°。“虚危之间”可能是指针的指向在中间，即指向为正北偏西7.5°，也就是指向正南偏东7.5°。堪舆家秘语“张度上三乘”，其意难解。有可能是一种将每一字格再划分的方法。若将其分为三份，每份即5°。因此，“三乘”即 $3 \times 5^\circ = 15^\circ$ 。

由是可断定，北宋初年汴京(今河南开封)的地磁偏角约为北偏西7.5°。

以现代知识看，坎离是地理北南极方向，虚危之间是磁北极方向。王伋《针法诗》虽记下这两个方向，并要人们正确识别“坎离正位”，但他决没有地球磁极概念，也不清楚这两个方向何如有异。即使如此，他以一首诗叙述磁偏角却是科学史上难得的作品。

7 罗盘和磁偏角

指南针、罗盘是古代中国人的发明。宋初堪舆家王伋(约988—1058)《针法诗》写道：

虚危之间针路明，南方张度上三乘。
坎离正位人不识，差却毫厘断不灵。^[15]

在这里，“虚”、“危”、“张”是古代以星宿名称表示的堪

8 其他诗词

尚有诸多古代诗词表现了物理与其同行，如宋代张耒(1054—1114)《夏日》，有句“落落疏帘邀月影，嘈嘈虚枕纳溪声”。它既描述了小孔成像现象，又述及空腔混响的事实。唐代皮日休(?—838)《鸣榔》描述了渔民捕鱼情景：众多渔船围湖，同时敲打船尾粮木；于是，“鹭听独寂寞，鱼惊味来往”。大量的鱼在此噪声中翻腾水面，渔民丰收歌归。下面一首，描写的是西北火焰山情景，但其诗句含义，读者不妨展翅想象。

唐代岑参(714—770)《经火山》：
火山今始见，突兀蒲昌东。
赤焰烧虏云，炎氛蒸塞空。
不知阴阳炭，何独烧此中。
我来严冬时，山下多炎风。
人马尽汗流，熟知造化功。^[16]

诗中“火山”，即火焰山，今吐鲁番盆地。“蒲昌”，今新疆鄯善县。岑参不明此处何如热至如此，“不知阴阳炭，何独烧此中”，并讯问“熟知造化功”。试想我国原子弹、氢弹在西北荒漠试爆成功情景：赤焰烧云，炎氛蒸空。原子弹爆炸是否也是“阴阳炭”在其内“燃烧”？2008年10月12日，在中国科学院理论物理研究所召开“量子力学在中国研讨会暨彭桓武先生铜像揭幕仪式”。笔者应邀在会上作了个“二十世纪上半叶量子物理在中国”的报告。报告尾声展示这首诗，以表达笔者对彭桓武先生和两弹一星功勋们的敬意。会后，尚有多人索要此诗。

参考文献

- [1] 丁福保编.全汉三国晋南北朝诗(下册)全梁诗卷下.北京:中华书局,1959.957
- [2] 王重民辑.敦煌曲子·浪淘沙(修订本).北京:商务印书馆,1956,31;季镇雄等.历代诗歌选.北京:中国青年出版社(第三册),1980,710
- [3] 戴念祖.中国声学史.石家庄:河北教育出版社,1994.50—51
- [4] 王振东.力学与实践,2006,3:83
- [5] 唐欧阳询撰,汪绍楹校.艺术类聚卷七十·服饰部下·镜.上海:上海古籍出版社,1985.1226
- [6] 唐欧阳询撰,汪绍楹校.艺术类聚卷七十·服饰部下·镜.上海:上海古籍出版社,1985.1227
- [7] 郑复光.镜冷痴卷五·透光镜;徐康.前尘梦影录(卷下);戴念祖.中国物理学史大系·光学史.长沙:湖南教育出版社,2001.206—207
- [8] 唐欧阳询撰,汪绍楹校.艺术类聚卷一·天部上·月.上海:上海古籍出版社,1985.8
- [9] 陆学善.科技史文集(第12辑).上海:上海科学技术出版社,1984.1—34.此文在陆学善先生(1905—1981)逝世三年后发表,物理学界对该文知之甚少
- [10] 欧阳询撰,汪绍楹校.艺术类聚卷二·天部下·雪.上海古籍出版社,1985.23
- [11] 庾信.庾子山集卷四·诗.四部丛刊·集部
- [12] 李延寿.北史卷八十三·庾信传.北京:中华书局.2793
- [13] 欧阳询撰,汪绍楹校.艺术类聚卷二·天部下·雪.上海古籍出版社,1985.24
- [14] 欧阳询撰,汪绍楹校.艺术类聚卷二·天部下·雨.上海古籍出版社,1985.29
- [15] 清康熙敕辑,古今图书集成·艺术典卷655·夤考五
- [16] 施丁,周用宜主编.山河壮丽(唐诗书画新编).北京:团结出版社,2006.7

发现最早形成的星系

大爆炸后的37万年,宇宙随着膨胀而冷却,温度降至3000 K,从以辐射为主转而进入以物质为主的时期。自由电子被质子俘获,形成中性氢原子,于是空间对黑体电磁辐射变得透明。此后的宇宙,其外形就像是一个被逐步吹大的气球,不过没有外皮,但全部物质以及残余的辐射都被限制在一个有限的范围内。再往后,直到今天宇宙138亿岁,所有后来形成的星体和星系,无一例外地被各向同性的残余辐射照射。今天我们所接收到的大爆炸余辉,其特征温度是2.725 K,宽带频谱分布主要落在微波波段,因此叫做宇宙微波背景(CMB)辐射。

另一方面,由于中性氢原子充斥空间,其自身光谱的最强辐射——Lyman- α 辐射将不可能在宇宙中传播。Lyman- α 辐射是电子在中性氢原子基态和第一激发态之间的跃迁产生的,辐射的波长为1216 Å。Lyman- α 辐射在传播中一旦碰上中性氢原子,便会将后者激发并且自身止步。上述机制存在于宇宙年龄1亿岁至2.7亿岁,专业上称之为“黑暗年代”。接下来,第一批恒星以及星系的形成,将逐步终止黑暗年代。这是因为恒星所发射的紫外光将会电离星际间的中性氢原子,电离后的星际间介质将允许Lyman- α 辐射自由传播。中性氢原子的绝大部分重新电离,大约要持续到宇宙年龄的10亿岁。值得庆幸的是,近年来天文

物理新闻和动态

观察仪器发展很快,使得天文学研究人员有条件观察早期星系发出的Lyman- α 辐射,进而探索星系的演化以及宇宙结构的形成。

最近,来自美国德克萨斯大学(奥斯汀)的Finkelstein等,在*Nature*周刊上撰文,报道了他们使用位于W. M. Keck天文台10 m望远镜的新一代宽场红外摄谱仪MOSFIRE,观察遥远太空所获得的成果。这次观察包括43个高红移星系候选对象,它们是通过分析哈勃太空望远镜近红外数据筛选出来的。如所周知,遥远星系的光度距离可以用红移 z 表征,例如 $z > 6.4$ 大致相当于从大爆炸开始直到8.8亿年的时间段。Finkelstein等从43个高红移目标($z=7.0-8.2$)候选对象中,通过测量中性氢原子的Lyman- α 谱线确认:符合第一批星系判据的只有一个,叫作z8_GND_5296,位于赤经12 h 36 min 37.90 s,赤纬 $62^\circ 18' 8.5''$;星系发射的Lyman- α 辐射经红移后的波长等于1.0343 μm ,红移 $z=7.51$ 。他们的工作得到了同行的认可:Finkelstein等发现了宇宙中最早的星系之一,该星系形成于大爆炸之后的7亿年。从星系的颜色看,它的组成包含有丰富的金属元素。计算表明,该星系内的恒星形成速率非常高,每年形成的恒星相当于330个太阳质量,这个速率比我们银河系的恒星形成速率要高出100倍。

(戴闻 编译自*Nature*, 2013, 502: 459, 524)