

漫谈光的散射等光学现象

——古今诗人对天空光现象文学描述的解读

郭 敏

(东北师范大学物理学院 吉林 长春 130024)

闫诚实

(沈阳市第四中学 辽宁 沈阳 110023)

戴 瑞

(东北师范大学物理学院 吉林 长春 130024)

(收稿日期:2015-08-26)

摘 要:通过体会诗人对日出、日落、蓝天、白云、春水、雾霭等美景的描绘,分析其形成的原因,解释光不同散射现象的形成条件,说明散射光的一些性质,简单列举散射的应用,以文抒情,以景悟理。

关键词:古诗 美景 散射 应用

江南好,风景旧曾谙;

日出江花红胜火,春来江水绿如蓝。

能不忆江南?

这首《忆江南》^[1]是唐代诗人白居易晚年回忆江南生活时所写的3首词之一,也是其代表作,重点表达了诗人对江南美景的回忆。白居易青年时就曾漫游江南,行旅苏杭;中年时又先后做过杭州、苏州刺史,后来回到洛阳,此词便是他67岁时在洛阳所作。

如画的意境在诗中体现,当您引用这美丽的诗句来表达对美景的感叹时,可曾想到,在这名句之中,同时凝聚着诗人白居易对光学现象的洞察力。

“日出江花红胜火,春来江水绿如蓝”意思是日出时江水泛起的水花在朝阳下呈现火红的颜色,春天到来时江中流水的颜色是绿得发蓝。两句都写江,诗人选择了一天中最好时间和一年中最好的季节,通过寻找江水颜色的变化,生动地描绘了江南春色的美好。

日出时候在朝阳红的映衬下,万物都变得通红,这种现象在夕阳西下的时候也会出现,不过,此时便叫做夕阳红了。古今多少诗人感慨于这样的美景,有的抒发日出东南隅的朝气蓬勃,有的则感叹于夕阳西下的悲凉。

宋朝开国皇帝赵匡胤曾在灵山寺门前作《咏初

日》^[1]

太阳初出光赫赫,

千山万山如火发。

一轮顷刻上天衢,

逐退群星与残月。

乾隆己酉四月登日观峰看日出^[1]

忽见明霞吐海东,

天鸡初唱五更中。

未收夜色千山黑,

渐发晨光万国红。

杜审言《和晋陵陆丞早春游望》^[1]

云霞出海曙,

梅柳渡江春。

白居易《暮江吟》^[1]

一道残阳铺水中,

半江瑟瑟半江红。

毛泽东《忆秦娥·娄山关》^[2]

苍山如海,

残阳如血。

杨慎《临江仙·滚滚长江东逝水》^[1]

青山依旧在,

几度夕阳红。

这些诗句都生动、集中地表现了日出与日落时的自然景象。日出东南时太阳是火红的,中午太阳当

空照时是耀眼的白色,日落西山时太阳又变成了火红的颜色.为什么一天中太阳要变换它的颜色?又为什么会出现朝阳红和夕阳红呢?

从光学的角度讲,这是因为太阳光在穿过大气层时发生了散射的缘故.我们都熟悉光的反射和折射现象是光线在光学性质不同的介质分界面上发生的,此时光的传播仅限于在特定的方向上,我们沿光束的侧向观察就应当看不到光.但当光束通过光学性质不均匀的物质时,情况就不同了,从侧向却可以看到光的,这种现象叫做光的散射^[4].比如,光线经过空气时,空气中有大量的气体分子和悬浮在空气中的一些其他微粒,这时候就有一部分光线不能照直前进了,而射向各个方向.生活中由于散射产生的现象非常多,比如把很暗的屋子的门开个缝,我们会看到一道光束穿过;在晴朗的清晨,茂密的树林中,树叶之间也常常会透过一道光柱.虽然这通常被一些中学教师用来作为证明光沿直线传播的例子,然而需要注意的是,我们之所以可以看见那样的光柱,是由于光在传播过程中发生了散射的缘故.

均匀介质中散布着折射率与它们不同的其他物质的大量微粒,或者物质本身的组成粒子的不规则聚集都可以导致光学性质的不均匀.当光通过这种介质时,便会发生散射.英国著名物理学家瑞利在研究光散射的强度时得出:线度小于光波长的微粒对入射光的散射光强与波长的四次方成反比,这种散射通常称为瑞利散射,这个关系被称为瑞利定律^[4].瑞利定律说明了散射光中短波占优势,由于可见光的波长按照红橙黄绿蓝靛紫的顺序从 780 nm 逐渐减小到 390 nm,所以白光散射后呈青蓝色,而直接通过散射物质的光,由于缺少了短波的成分,所以显得偏红^[4].

由物质分子密度的涨落而引起光的散射,称为分子散射,分子散射属瑞利散射.空气分子直径的大小与光的波长相比要小得多,光线照射在成群的空气分子上时,短波的光更容易被散射.朝阳红与夕阳红就是因为清晨或傍晚,太阳光几乎平行于地平面,并且穿过很厚的大气层才能到人的眼睛.这个厚度大约是太阳在头顶直射时大气厚度的 35 倍(这正是中午时候的太阳与早晚不同的原因).原本白色的太阳光穿过厚厚的大气层后,波长较短的蓝紫光,甚至是绿光都被空气分子散射殆尽,最后到达眼睛里的

只剩下波长较长的光线,所以看到的太阳集合了散射后剩下的长波波段的光,就变成赤红色了.此时云朵由于被阳光所照射,也呈现红色,便是我们所说的朝霞和晚霞.

但是我们在观赏美丽的红日和彩霞时,会发现天空仍是蓝色的,并且无论什么时间,只要是晴朗的天空,便是蓝色,有时深,有时淡.从古至今天空也被人们称作青天,以它亘古不变的蓝色来比喻为官清廉.文人墨客也对蓝天情有独钟.

苏轼《水调歌头·明月几时有》^[1]

明月何时?

把酒问青天.

杜甫《绝句》^[1]

两个黄鹂鸣翠柳,

一行白鹭上青天.

李白《宣州谢朓楼饯别校书叔云》^[3]

俱怀逸兴壮思飞,

欲上青天揽明月.

李白《登金陵凤凰台》^[3]

三山半落青天外,

二水中分白鹭洲.

刘禹锡《秋词》^[5]

晴空一鹤排云上,

便引诗情到碧霄.

李商隐《嫦娥》^[6]

嫦娥应悔偷灵药,

碧海青天夜夜心.

晴朗的天空呈现蓝色正是因为光在大气中大量的蓝紫光等短波长的光散射到空中,大气层越厚,散射的越多,所以我们会看到太阳在一天中变换颜色,而当我们避开太阳而仰望天空时,散射光便进入了我们的眼睛.这些被散射的短波光的综合色便是蔚蓝,而越是晴朗干燥的天气,空气中的水汽和尘埃就越少,对长波的散射就越弱,看上去天空也越是蔚蓝.“春来江水绿如蓝”,除了天空是蓝色的,大江、大海也常呈现出蓝色,这其实并不是因为反射了天空的颜色,而是大量水分子对阳光散射的结果.

蔚蓝的天空充满了神秘,曾有 3 位前苏联科学家不惧危险在 1933 年 1 月 30 日坐上热气球飞向高空,记录下了随着高度的增加天空颜色的变化(如表 1),但是这 3 位科学家却由于飞得太高,气球爆炸而

未能幸免.这3位科学家分别是斐都新柯、纳辛柯、德辛斯基.

表1 天空颜色随距离地面高度的变化

距地面的高度 /m	天空颜色
地面	蔚蓝色
8 000	青色
11 000	暗青色
13 000	暗紫色
20 000	黑灰色

白昼之所以是亮的,除了有阳光的照射,还要靠大气的散射.随着高度的增加,大气密度越来越小,空气对光的散射能力越来越弱,最后就是全黑了.曾经有位宇航员这样描述太空中的天空,“太阳在高空悬挂着,像一个金色的大圆盘,而天空却像一面黑色的天鹅绒的幕布,那一颗颗的星星就像镶在黑幕布上的宝石一样,闪闪发着光”.这样壮丽的景色也可以在月球、火星上看到,因为没有大气层,即使是白昼,在上面也不会看到发亮的天空.

天空也可以模拟,方法是:在装满水的玻璃水槽中加上几滴牛奶,搅拌得到浑浊液,用白色灯光从一侧照去,从侧面观察水溶液,可见溶液显出像天空那样的淡蓝色,迎着光的方向观察,便可以看到灯成红色,如同“红太阳”,而水槽中的水便如同“大气”.

生活中发现,蔚蓝的天空并不是总能看到,当雾气笼罩或者黄风天或者雾霾天气,天空便不再是平时的蓝天了.实际上,早在宋朝就已有诗人描写过这样的景象,并成为千古名句.

秦观《踏莎行·郴州旅舍》^[1]

雾失楼台,
月迷津渡,
桃源望断无寻处.

浓雾里看不到楼台,月色也朦胧,渡口也看不见,天涯望断也看不到桃园的所在,写出了大雾天气里视线变差的现实.毛泽东主席也曾作诗描写了这一景象.

毛泽东《渔家傲·反第一次大“围剿”》^[2]

雾满龙冈千嶂暗,
齐声唤,
前头捉了张辉瓒.

大雾天气视线会变暗是因为当空气中充满水汽

或者颗粒较大的尘埃时,长波段的光也开始大量被散射,所以便看不到色彩了,并且大量的光不能到达我们的眼睛,因此看什么都觉得暗淡了,云雾时的天空就呈灰白色了.但由于水汽或者尘埃的尺寸和可见光的波长相比不算很小,瑞利散射不能解释这种较大微粒的散射,后来德国物理学家古斯塔夫·米于1908年证明较大微粒的散射取决于微粒的线度与波长的比值,因此叫做米氏散射.雾、云、日冕、胶体和金属悬浮液的散射便属于米氏散射.米氏散射在有些书中也叫做丁达尔散射,因为英国物理学家约翰·丁达尔1868年发现白光在被悬浮于溶液中的粒子散射时,散射光呈蓝色且是部分偏振的,并于1869年首先发现并研究了当一束光线透过胶体,从入射光的垂直方向可以观察到胶体里出现的一条光亮的“通路”,这便是著名的丁达尔效应.

另外,光通过分子本身是各项同性的散射介质,振动面垂直于入射光的传播方向,垂直于光传播方向观察到的散射光都是线偏振的,迎着光的传播方向观察到的仍然是自然光,从其他方向观察到的散射光则是部分偏振的.

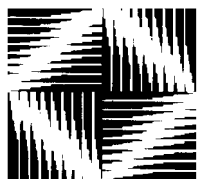
蜜蜂能够到远离蜂巢的地方采蜜并准确地返回自己的蜂巢,就是利用它的眼睛能够感知光的偏振性,并配合体内的生物钟来辨别方向.

对于分子本身是各项异性的介质,此时垂直于光的传播方向观察到的散射光是部分偏振光了,其偏振度可以表示为

$$P = \left| \frac{I_y - I_x}{I_y + I_x} \right|$$

科学家瑞利提出此现象为退偏振现象,其退偏振度表示为 $\Delta = 1 - P$.测量退偏振度可以判定分子的各项异性,因此也可以用来判断分子的结构^[4].

20世纪后,人们把光散射研究深入到原子、电子和准粒子层次.发现散射光相对于入射光在能量(即波长的改变)方面,不同的波长改变量对应不同的散射机制,因此重新将散射分为3种.将波数变化小于 10^{-5} cm^{-1} 的散射称为瑞利散射;波数变化约为 0.1 cm^{-1} 的由布里渊于1922年预言,因而称为布里渊散射;波数变化大于 0.1 cm^{-1} 的散射是拉曼于1928年首次发现和公布的,因此称为拉曼散射.由于后两者散射光相对于入射光波长(能量)没有改变,因此被人们称为是非弹性散射,而瑞利散射的波数差是由靶粒



物理·技术·应用

应变式加速度计

肖胜利 齐新社 齐利华

(西安通信学院文化基础教研室 陕西 西安 710106)

(收稿日期:2015-11-03)

摘 要:应变式加速度计作为测量物体加速度的仪器,已被广泛用于航天器、导弹、飞机和潜艇等装置的制导中.本文通过物理分析,清楚地知道了它的工作原理,就是实现力学信息可视化,最后给出了它的测量范围.

关键词:加速度 应变式加速度计 滑动变阻器

加速度计是利用检测质量块(可视为质点)的惯性力来测量载体系统加速度的敏感装置,它分为线加速度计(测量平动加速度)和角加速度计(测量转动加速度).在飞行控制系统中,加速度计是重要的动态特性校正元件;在惯性导航系统中,高精度的加速度计是最基本的敏感元件之一.本文主要讨论的是应变式加速度计.

1 应变式加速度计的结构原理

图1是应变式加速度计的结构原理图.支架 M 和

N 固定在待测系统上,质量为 m 的滑块穿在 M 和 N 之间的水平滑杆上,并与一端固结于支架 M 上且劲度系数为 κ 的轻弹簧相连,滑块下端滑动臂 P 可在滑动变阻器上自由滑动,随着滑块在水平方向做变速运动,所用电源的电动势为 E ,内阻为 r ,滑动变阻器的总电阻值为 $R = 4r$,有效总长度为 L ,当待测系统静止时,滑动臂 P 位于滑动变阻器的中点,且 A, B 两接线柱输出的电压 $U_0 = 0.4E$.若取 MN 方向为正参考方向,则待测系统沿 MN 方向做变速运动的加速度可由 A, B 两接线柱输出的电压 U 给出.

子反冲引起的,所以称之为弹性散射^[7].

散射有利也有害,散射给了我们蓝天、白云、红日、血月、蓝海、迷雾、日冕等美丽的景色,当你看到某处的水在阳光的照射下出现彩色,不要只想着是不是表面浮着一层油,有可能里面有一些特定大小的杂质引起了散射.生活中可以通过制造散射条件来实现一些舞台效果,李白曾作诗《望庐山瀑布》^[3](其二)“日照香炉生紫烟,遥看瀑布挂前川”,点燃的香烟所冒的烟会有些发蓝甚至发紫也是光线在成群的炭粒上散射的结果.焰火表演也正是这个原因.坦博拉在1815年的一次火山爆发,造成大量的火山灰弥漫在当地上空,使落日呈现出鲜艳的色彩,这种由于灰尘散射形成的落日奇景达3年之久,致使很多艺术家前去寻找灵感.但有时也会因散射导致的可见度下降而影响交通等.因此根据散射的特点,恰当地利用散射对现代生活是很重要的,比如,根据短波容易被散射的特点,汽车上的雾灯做成

橘红色,海上的塔灯、路上的航标灯、信号发射塔上的指示灯都采用红色或者橘红色;根据污染物微粒会影响光的散射,可以通过观察天空颜色的微妙变化来判断污染物的存在,还可以通过测定激光在大气中的散射来测量大气中悬浮微粒的密度和其他特性,以确定大气的污染程度.

参考文献

- 曹华.中华诗词名句.北京:中国纺织出版社,2013.1
- 周振甫.毛泽东诗词欣赏.北京:中华书局,2010
- 李永祥,宫明莹.李白诗集.山东:济南出版社,2014.4
- 姚启钧.光学教程(第4版).北京:高等教育出版社,2008.6
- 萧瑞峰,彭万隆.刘禹锡白居易诗选评.上海:上海古籍出版社,2002.16~17
- 刘学楷,余恕诚.李商隐诗歌集解.北京:中华书局,1988
- 张树霖.拉曼光谱学与低维纳米半导体.北京:科学出版社,2008.4