

海市蜃楼的光学原理

周 燕

(南昌工程学院 江西 南昌 30099)

文章编号:1002-218X(2014)12-0044-02

中图分类号:G632.4

文献标识码:B

摘 要:海市蜃楼属于一种非常美丽的自然景观,古时人们认为海市是居住在海上的神仙所创造的。当海市蜃楼还没有被人们充分的认识前,人们都认为海市蜃楼非常神秘。随着时代的发展,人们逐渐开始认识海市蜃楼,发现海市蜃楼的出现与物理学原理有较为密切的联系。

关键词:物理学原理;海市蜃楼;自然景观

随着科技的发展,海市蜃楼出现的规律以及其中包含了光学原理已经逐渐被人们熟知。在我国的许多地区都曾出现过海市蜃楼,例如蓬莱等地,海市蜃楼的出现与光学以及气候等有一定的联系,多发生在大海或者沙漠中,经过光的反射以及全折射,就会产生海市蜃楼。本文主要从光学原理对海市蜃楼进行分析。

一、形成海市蜃楼的条件

海市蜃楼属于一种由光的折射与全反射而产生的自然景观,是地球上物体反射的光经过大气折射所形成的虚拟影像。海市蜃楼的形成与气候条件以及物理条件等有一定的联系,多数海市蜃楼的产生与气温的反常分布都有一定的关系。按照海市蜃楼出现的位置可分为上蜃、下蜃以及侧蜃^[1]。以下蜃为例,下蜃是影像处在实物的下方的折射现象。在夏季时,沙漠中的温度较高,沙土被太阳暴晒,较为炙热,由于沙土的比热较小,因此温度上升的速度很快,与沙土距离较近的空气温度上升较快,而上层空气的温度仍然较低,这样便造成了气温的反常分布。与沙土距离较近的空气层密度小,而上层的冷空气密度较大,此时空气折射的规律就是下小上大,当远处一些高层建筑反射过来的光从上层空气进入下层时不断折射,入射角就会不断增加,当入射角增加到一定程度时就会产生全反射,此时人们逆着反射光看,就会看到下蜃。人教版高中物理选修2-3第一章第一节“光的折射”与第二节“全反射”就对这一物理现象进行了介绍。折射主要是光从一种介质斜射入另一种介质时,传播的方向出现了变化,导致光先在不同介质的交界处出现了偏射。全反射通常是指光从光密介质射到光疏介质时全部被反射回原介质内的现象。沙漠中的海市蜃楼就是太阳光遇到了不同密度的空气产生的折射现象,在沙漠中,白天沙层表面遭到了太阳的暴晒,温度会急速升高,但空气的传热性差,在没有风的时候,沙漠的上层空气气温较低,而下层温度高,两者的密度也不同,光速也会出现变化,折射后海市蜃楼就会呈现在人们眼前。在一些城市中,柏油马路的颜色较深,在夏季时,柏油马路的吸热能力较强,在路面上就会形成上层空气冷密度大、下层空气热密度小的特征,因此也会出现下蜃。夏季时白天海水的温度较低,尤其是当

冷水流经过时,水温会变得更低,此时下层空气会受到水温的影响,比上层空气温度低,因此会出现下冷上暖的情况,下层空气由于气压较高,且密度较大,而上层空气的温度较高密度较小,因此会出现异常现象^[2]。假如此时东方的地平线以下有一艘轮船,而空气的密度差异较大,来自轮船的光线就会从密度较高的气层进入密度较低的气层,同时会在上层出现反射,进入下层空气中,人们就能够看到轮船的影像。

二、海市蜃楼的光学原理

在平静无风的海面与沙漠中,有时上空或者地面下方会出现建筑或者湖泊等景象,这就是海市蜃楼,海市蜃楼出现的原因可以运用物理学中的光学原理来解释。在自然界中,光在均匀的介质中通常是沿着直线进行传播的,假如光的介质密度出现了变化,光路就会随之产生改变^[3]。当光从光密介质射向光疏介质时,入射角就会不断增加,此时折射的光线强度会不断减小,反射的光线强度增加。假如介质的折射率为 n ,折射角度为 90° ,临界角 $C = \frac{\arcsin i}{n}$,入射角 $i \leq C$ 时,就会产生全反射。这时,折射的光线就会消失,而反射光线的强度最强,地面物体反射的光会在空气中传播并发生折射,由此形成海市蜃楼。

近年来,关于海市蜃楼的报道越来越多,例如2010年10月,蓬莱阁以西的海域就出现了海市蜃楼的景观,海面出现了建筑群,海市蜃楼的右侧是建筑群,影像非常清晰,且还在不断变化,呈现出海市蜃楼的光学原理就是产生了全反射现象^[4]。在蓬莱阁,由于与海面距离较近的空气温度较低,空气湿度较大,密度也较大,因此对光的折射率也较大,光从地面射向密度较小的空中,海面上方空气的折射率会逐渐减少,见图1。有很多折射率不同的空气层,远处的景物A射出的光线被不断折射,入射角增加,达到C时就发生了全反射,此时人们就能够逆着光线看到A物体在空中形成的影像B,也就是海市蜃楼奇观。

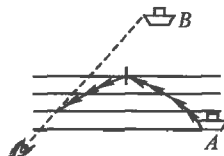


图 1

在物理学中,与全反射相关的案例较多,如图2所

示, abc 是用折射率 $n=2$ 的玻璃做成的透明的横截面, ab 则是半径为 R 的圆弧, ac 与 bc 的边垂直, $\angle aOc=60^\circ$, 当一束平行黄色光垂直射向 ac 时, ab 的表面只有一部分是亮黄色, 其他是暗的, 亮黄色部门的弧长是多少呢?

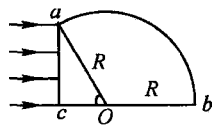


图 2

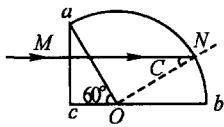


图 3

假设光线 MN 照向 ab 界面时正好发生了全反射, 则 MN 上方的光线必定会在界面 ab 上发生全反射, 所以只有射到界面 Nb 上的光线才能够射出玻璃, 界面 Nb 的部分是亮色, 有 $\sin C = \frac{1}{n}$, 得 $\angle C=30^\circ$, 见图 3。

由几何关系得知 $\theta=30^\circ$, 因此 Nb 的弧长为 $s = \frac{30^\circ}{360^\circ} \times 2\pi R = \frac{1}{6} \pi R$ 。

除了海面外, 沙漠中也经常会出现海市蜃楼奇观, 原理与海面中出现的一样, 是全反射现象, 不同的是与地面较为接近的空气密度较小, 大量的热能被反射出去, 地表的温度持续升高, 而高空的温度则较低, 热空气的密度比冷空气小, 与地面较为接近的空气层是光疏介质, 光速较大, 且折射率较大, 如图 4 所示, 从物体 A 点射过来的光线在接近地面时就会进入密度较小的空气中, 当入射光线的入射角比临界角大时, 就会在空气中形成全反射。光线的方向发生改变后, 进入人们视线中时, 就像是光沿着 B 的方向射来的, 沙漠中的海市蜃楼呈现出的虚像 B 是倒立的。



图 4

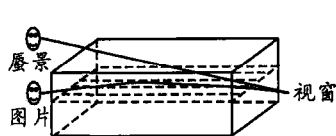


图 5

在教学过程中, 教师可运用模拟实验来展现全反射的过程。可使用人工配置的折射率连续变化的盐水溶液作为介质, 向学生展示光在传播的过程中发生弯曲, 由此展现出海市蜃楼的奇观, 见图 5。

在图 6 中, 折射率连续变化的盐水溶液的密度随着高度的增加而逐渐减少, 对于光的折射率也会逐渐减少, 从而产生了具有折射率梯度的溶液层, 当光通过其中一个层面时, 就会发生偏射。假设一束光线以入射角 i 入射, 折射率为 n , 射入溶液层中, 按照折射定律可知 $n \cdot \sin i =$

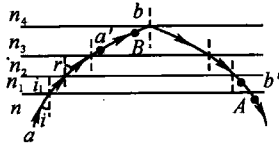


图 6

$n_1 \cdot \sin i_1, n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r$, 合并可得 $\sin i = \frac{1}{n_2} n \cdot \sin r$, 当 i 与 n 为定值时, 由于 $n > n_2$, 因此 $r > i$ 。此时从下层液体进入上层液体的入射角将会不断增加, 当增加到某两层液体的折射率决定的临界角时, 就会出现全反射。

我国的渤海中有一座群岛, 夏季时白天海水的温度较低, 空气的密度会呈现出下密上疏的情况, 因此渤海南岸的蓬莱经常能够看到群岛的幻影, 也就是海市蜃楼。在宋朝年间, 沈括在《梦溪笔谈》中就记载了海市蜃楼的场景。在沙漠中, 人们所在的位置通常较高。此时看到的景象都是倒悬挂的。此种倒影很容易呈现出水边树影的景象, 每当人们看到这一幕时, 都认为远处有湖水。在沙漠中方法行的人们大多都有这样的经历, 此种海市蜃楼不仅会出现在沙漠和海岸中, 还经常在草原甚至城市中出现。在草原中, 干枯的草与沙子一样, 会被太阳炙烤, 空气层的密度由下至上逐渐增加, 因此会产生海市蜃楼。在日产生活中, 想要完全满足全反射的条件较为困难, 对折射率以及人们的视线位置等都有较高的要求, 而特定折射梯度的空气层的形成需要特定气象, 因此海市蜃楼形成的条件非常复杂, 只有在无风或者风力较小的天气下出现, 假如风力过大, 上下层空气密度的差异就会减小, 光线也不会出现异常折射与全反射, 所有的幻影都会消失^[5]。在教学过程中, 教师还可做出总结, 让学生运用所学的知识来演示全反射规律, 结合空气密度的变化来解释全反射。此外, 教师还可运用其他教学材料来向学生展示光的全反射原理, 采用科普讲座以及光纤管来演示海市蜃楼的奇观, 以此激发学生的思维能力, 提高学生的理解能力, 有效地实现教学目标。

综上所述, 海市蜃楼的出现需要特定的气候条件与特定的地理位置等才能够形成, 是难得一见的奇观。在教学过程中, 教师可利用教学资源来演示海市蜃楼奇观, 使学生在观看实验的过程中逐渐了解折射与全反射的概念与规律, 提升教学效果。

参考文献

- [1] 周怀春, 黄志锋, 程强, 等. 路面蜃景: 热空气的把戏[J], 科学通报, 2011(1): 11-14.
- [2] 哈斯乌力吉, 吕志伟, 张爱红, 等. 物理光学教学改革的探索[J]. 电气电子教学学报, 2011(01): 45-46.
- [3] Natália F N Bittencourt, Luciana M Mendonca. Análise do perfil, funcoes e habilidades do fisioterapeuta com atuacao na área esportiva nas modalidades de futebol e voleibol no Brasil Analysis of the profile, areas of action and abilities of Brazilian sports physical therapists working with soccer and volleyball[J]. Rev. bras. fisioter., 2011, 15 (3).
- [4] 邓晓鹏, 施振刚, 文伟, 等. 《光学》课程立体化教学资源的构建与应用研究[J]. 怀化学院学报, 2013(11): 78-79.
- [5] Liu Guoning, Zhao Huadong, Wang Hezheng, etc. Combination of Lecture Mode and Case based Teaching of Technical English Communications for College Graduate Students[C]// Selected Papers from 2012 2nd International Conference on Education and Education Management(EEM 2012) Volume 4.

(本文编辑: 俱 乐)