

“两小儿辩日”中的物理规律探索*

李瑞山 冯有才 刘延君

(兰州理工大学理学院 甘肃 兰州 730050)

张培增

(兰州工业学院基础部 甘肃 兰州 730050)

(收稿日期:2018-12-19)

摘要:将物理理论与生活现象联系起来有助于提高学生对大学物理的学习积极性.利用大学物理中的知识分析了《两小儿辩日》一文中的现象.

关键词:两小儿辩日 日地距离 瑞利散射 视觉误差

1 引言

《两小儿辩日》是《列子·汤问》中的一篇短文,选入多种中小学语文教材和阅读材料,原文如下:

孔子东游,见两小儿辩斗,问其故.一儿曰:“我以日始出时去人近,而日中时远也.”一儿曰:“我以日初出远,而日中时近也.”一儿曰:“日初出大如车盖,及日中,则如盘盂,此不为远者小而近者大乎?”一儿曰:“日初出沧沧凉凉,及其日中如探汤,此不为近者热而远者凉乎?”孔子不能决也.两小儿笑曰:“孰为汝多知乎?”

这段古文的意思不难理解,两小儿所辩论的问题是:太阳究竟是早晨离人近还是中午离人近?按照古人的生活常识,发光体是近大远小,近热远凉,但是太阳看起来好像不能同时满足这两条,悖论由此而生,智者如孔子也不能解答,因而被两小儿笑问“孰为汝多知乎”.这段寓言经常被中小学教材选用,旨在提倡勤于思考,不迷信权威的学习态度;从孔子的角度来讲,则表明了一种谦虚谨慎、实事求是的求学精神.然而从科学的角度对文中两小儿所提问题做出解答,却是相当复杂,涉及天文、光学、热学等各个方面的知识,远非中小学阶段的自然科学知识所能解释,更不用说2000多年前的孔子了.

著名的诺贝尔物理学奖获得者杨振宁先生在谈

到物理学教学时指出:物理学最重要的部分是与现象有关的.绝大部分物理学(概念)都是从现象中来的.现象是物理学的根源.一个人不与现象接触不一定不能做重要的工作,但是他容易误入形式主义的歧途;他对物理学的了解不会是切中要害的^[1].在大学课堂上重新提出两小儿辩日的问题,以大学物理中的知识回答两小儿的疑问,不仅可以将物理理论与生活实践相联系,有助于学生对物理理论的理解,而且能够引发学生学习物理的兴趣,让大家感受到物理不仅仅是枯燥的推理和计算,还与生活中种种有趣的现象相联系,从而体会到物理学习的乐趣.

2 “两小儿辩日”中的物理规律

我们从大学物理的角度分析两小儿的日之辩,首先回答两小儿的问题,太阳是早晨离人近,还是中午离人近?

2.1 日地距离

地球是一个不规则的椭球体,平均半径约为6371 km,以太阳为参照系,地球围绕太阳公转,其公转轨道是个椭圆,太阳在椭圆的一个焦点上,如图1所示.太阳到地心的距离最大值 $OB \approx 1.522 \times 10^{11}$ m(远日点B),最小值 $OA \approx 1.471 \times 10^{11}$ m(近日点A)^[2].一年之中,地心与太阳间的距离不断变化,在近日点(一月初)两者之间的距离最小,在远

* 兰州理工大学高等教育研究项目的研究成果.

作者简介:李瑞山(1982-),女,副教授,主要从事材料物理、光学研究和教学工作.

日点(七月初)距离最大.当地球从远日点向近日点运动时(图中 BCA),日地距离逐渐变小;当地球从近日点向远日点运动时(图中 ADB),日地距离在逐渐变大^[3].

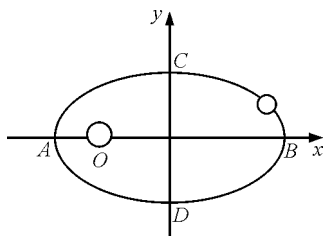


图1 地球公转轨道

对于地球表面上的一点,也就是两小儿所处的位置来说,日地距离不仅与地球的公转有关,还取决于地球的自转以及两小儿所处的纬度.以太阳为参照物,地球自转一周 24 h 就是我们所感受到的一昼夜,对位于地面上固定点的观察者来说,其轨道是以公转椭圆为中心线的一个复杂的螺旋线;如果考虑太阳系其他行星和月球对地球轨道的影响,其运行轨道更为复杂,很难用简单的公式表达.仅考虑公转和自转,则除了公转造成的差别之外,早晨和中午的观察者距离太阳还相差一个地球半径,且此半径根据观察者所在纬度的不同有所差别.但是日地距离是地球半径的大约 2 500 万倍,因此地球自转对人眼看到的太阳远近的影响微乎其微,可以认为太阳与地面上观察者的距离变化主要取决于公转;当地球从远日点向近日点运动时(图中 BCA) 距离会变小;当地球从近日点向远日点运动时(图中 ADB) 距离会变大.在同一天中,太阳与地面上观察者的距离虽有远近变化,但这种变化的差值与日地平均距离相比,实在是微乎其微的,在粗略的情况下,可以认为同一天该距离是不变的.事实上,一天之中日地之间的距离变化对我们看到的太阳的大小和感觉到的冷暖影响非常小,真正造成太阳早晨大、中午小,早晨凉、中午热的原因并非是日地之间距离的变化,因此也不能简单地根据这些现象就判断日地距离的远近.

2.2 “日初出沧沧凉凉,日中如探汤”的原因

既然可以认为日地距离在一天之中保持不变,那么是什么造成了中午的气温比早晨高呢?造成这一现象的原因主要包括以下几个方面:

首先,人们直观感受到的冷热是主要由空气温

度决定的,一般天气预报所报的气温就是空气温度.太阳辐射到达地面后,一部分被反射,一部分被地面吸收,使地面升温;地面再通过辐射、传导和对流把热传给空气,这是空气中热量的主要来源.而太阳辐射直接被大气吸收的部分使空气温度升高的作用极小,只能使气温升高 $0.015 \sim 0.020\text{ }^{\circ}\text{C}$,正是由于这个原因,一般情况下,地表温度都会高于气温^[4].由于晚间没有太阳照射,地表温度是下降的,空气温度经过一段时间之后也会下降,所以早晨温度比较低,人感觉“日初出沧沧凉凉”;太阳出来之后,随着到达地球的辐射越来越多,地表温度越来越高,空气温度随之升高,人也就感觉越来越热,所以气温的凉与热,并不能说明太阳距离地面的远与近.

其二是因为早晨太阳斜射大地,中午太阳直射大地.太阳辐射的能量在各个方向上是均匀分布的,相同的立体角内分布的太阳能是一样的,但是对于相同的立体角 $d\Omega$,中午太阳直射地球表面对应的截面积 dS 要小于早晚太阳斜射表面时对应的截面积 dS' ,如图 2 所示,因此在相同的时间、相等的面积里,中午的太阳直射比早晨的太阳斜射带来的热量高.

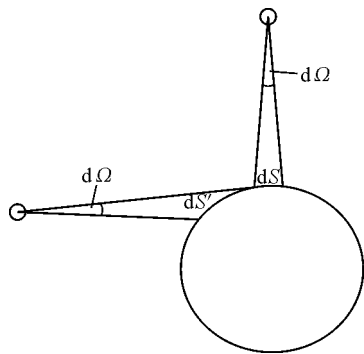


图2 早晨和中午太阳照射地球

其三是由于大气层对阳光的散射作用.在电磁波中能为人眼所感受到的波长 λ 约在 $390 \sim 760\text{ nm}$,对应的频率范围是 $7.5 \times 10^{14} \sim 4.1 \times 10^{14}\text{ Hz}$,这个波段内的电磁波叫做可见光.在可见光的范围内不同波长引起不同的颜色感觉,波长最长的是红色光,接下来依次是橙、黄、绿、蓝、靛、紫色光.太阳发出的白光,包含这 7 种颜色的光.当阳光照射到大气层之后,会发生散射.大气散射一部分来源于悬浮的尘埃,大部分则是空气密度涨落引起的分子散射,这种线度小于光的波长的微粒对入射光的散射称为瑞利散射.如果光源中强度按波长的分布可

用函数 $f(\lambda)$ 来表示,则散射光中强度的分布取函数 $f(\lambda)\lambda^{-4}$ 的形式,这一规律称为瑞利定律^[5]. 瑞利定律表明,波长越短的光受到的散射越多,因此波长较短的紫光、蓝光比波长较长的红色和黄色光散射得更厉害,所以我们看到的天空是蓝色的. 清晨日出或傍晚日落时,太阳光几乎平行于地平面,穿过的大气层最厚,几乎所有波长较长的光都朝侧向散射,剩下波长较长的红光到达观察者,所以清晨的太阳是红色的,看起来也不是很刺眼;而正午的太阳光所穿过的大气层最薄,散射不多,故太阳仍呈白色,看起来比早晨的红色更加灼热刺目,直观上给人温度更高的感觉.《列子·汤问》中的“阳光炽烈,坚冰立散”描述的正是这种现象.

2.3 “日初出大如车盖,及日中,则如盘盂”的原因

第一个小孩看到的情形是“日初出大如车盖,及日中,则如盘盂”,由此断定太阳早晨近. 这个推断也是不符合事实的,造成这一错觉的原因主要是视觉误差.

首先是由于形状的对比和反衬. 同一个物体,放在比它大的物体群中显得小,而放在比它小的物体群中则会显得大. 同样的道理,早晨的太阳从地平线上升起来,背景往往是树木、远山和房屋,相对照之下太阳显得大;而中午太阳高悬在当空中,背景是广阔无垠的天空,对比之下太阳就显得小了^[6]. 而且正午的太阳明亮刺眼,人们不能长时间直视,匆匆一瞥的印象往往只有一个发光的圆球,在没有光学设备的古代,谁又真正观察过正午太阳的大小呢?

其二是由于人眼观察不同颜色的物体时,视觉的误差导致的. 从几何光学的观点来看,人眼是一个由不同介质构成的共轴光具组,外界物体能在视网膜上形成清晰的像. 这一光具组的结构很复杂,因此大多数情况下,往往将人眼简化为只有一个折射球面的平凸透镜^[7]. 波长越短的光,折射率越大,焦距越短,如图 3 所示. 因此当各种不同波长的光同时通过晶状体时,在视网膜正确聚焦成像的前提下,聚集点并不完全在视网膜的一个平面上,长波长的暖色光焦距较大,因此成像在视网膜之后,视网膜上形成的是模糊的像斑,似乎具有某种扩散性;短波长的冷色光焦距较小,在视网膜上形成较清晰的冷色像点,似乎具有某种收缩性. 因此从同一个光源发出的不同颜色的光,感觉红色比实际距离近,而蓝

紫色比实际距离远. 这样造成的错觉,使红、橙等暖色看起来有靠近和扩大的感觉;与此相反,紫、蓝等冷色看起来有后退和缩小的感觉. 因此同样大的物体暖色显大,冷色显小;白色由于是各色的混合,其大小感觉介于红、紫之间. 根据前面的分析,由于大气层的瑞利散射,早晨的太阳是红色的,而中午的太阳是白色的,因此早晨的太阳看起来比较大.

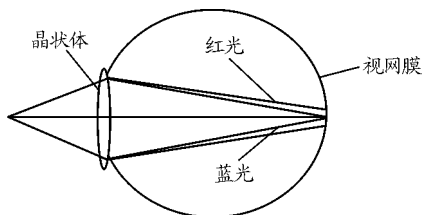


图 3 不同颜色的光经过晶状体聚焦

另外,色彩的膨胀、收缩感不仅与波长有关,还与亮度有关. 对于两个大小相同、颜色不同的圆形,由于人眼晶状体成像时存在“球面像差”^[8],在明暗图形轮廓界限部分会发生对比加强的边界效应,亮度较高的物体在视网膜上所成影像的轮廓外似乎有一圈光圈围绕着,使物体在视网膜上的影像轮廓扩大了,看起来就觉得比实物大一些,如通电发亮的电灯钨丝比通电前的钨丝似乎要粗得多,生理物理学上称这种现象为“光渗”现象. 当早晨太阳初升起时,背景是暗沉的天空,太阳格外明亮,就显得大些;中午时,太阳在天空中的背景是万里蓝天,太阳与其亮度反差并不大,就显得小些.

3 结束语

《两小儿辩日》作为一篇中小学阶段的课文,对于其中的物理现象用大学物理所学的知识可以做出较完整的解释. 从上面“两小儿辩日”中的物理现象的分析可以看出,在认为一天内日地距离不发生较大改变的前提下,两小儿所观察到的现象主要可以用阳光的散射和视觉误差来解释. 用大学物理的知识重新解读“两小儿辩日”的问题,完整解释了其中的物理规律,达到“解惑”的目的,同时又使学生所学的各学科知识有了关联和延续性,提高了大家对物理的兴趣,在解决这个问题的过程中,对学习大学物理的意义有更深入的理解.

参考文献

- 1 杨振宁. 杨振宁文集. 上海: 华东师范大学出版社, 1998.

2

胡中为,萧耐园.天文学教程(上册).北京:高等教育出版社,2003.184

3

余明.简明天文学教程.北京:科学出版社,2001.268

4

刘晨晨.风云卫星地表温度反演及其在霜冻检测中的应用:[硕士学位论文].成都:电子科技大学,2013

5

姚启钧.光学教程.北京:高等教育出版社,1989.414

6

余小英,李凡生.从物理学角度鉴赏“两小儿辩日”.清远职业技术学院学报,2009(02):65 ~ 67

7

王文军,张山彪,杨兆华.光学.北京:科学出版社,2011.85

8

姚启钧.光学教程.北京:高等教育出版社,1989.273

Exploration on the Physics Law in

Two Children Argued about the Sun

Li Ruishan Feng Youcai Liu Yanjun

(Department of Science,Lanzhou University of Science and Technology,Lanzhou,Gansu 730050)

Zhang Peizeng

(Basic Courses Department,Lanzhou Institute of Technology,Lanzhou,Gansu 730050)

Abstract:Combining physical theories with phenomenon together may arouse the enthusiasm of students for physics. The phenomena referred to in the *Two Children Argued about the Sun* were analyzed according to the college physics.

Key words:two children argued about the sun;the earth - sun distance;rayleigh scattering;visual error

(上接第 120 页)

我国物理教育在教学实施中关于创造力的培养也可以从上述对比研究中得到以下启示:

(1) 探究活动中增强培养学生的批判意识,提高学生思维的转换能力.

(2) 鼓励学生在没有教师引导的情况下对探究问题做出合理的假设与建立模型,并思考验证假设与模型合理性的方案以进一步培养学生的发散思维.

(3) 鼓励学生扩展知识面,丰富记忆中储存的信息内容,从变通性的角度培养发散思维,提高解决问题的创造性思维水平.

(4) 培养学生形成在生活中主动发现问题、主动进行探究并解决问题的习惯,促进学生创造力的长期发展.

参 考 文 献

1

中华人民共和国教育部.基础教育课程改革纲要(试行)(2001). (2001 - 06 - 08)[2018 - 10 - 11]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A26/jcj_kjcggh/200106/t20010608_167343.html

2

National Research Council. A Framework for K - 12 Science Education:Practice,Crosscutting Concepts and Core Ideas. Washington,D. C. :The National Academies Press,2011. 29 ~ 31

3

中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准.北京:人民教育出版社,2017

4

Guilford J P. Creativity. American Psychologist,1950(5)

5

张大均.教育心理学.北京:人民教育出版社,2005. 154, 156 ~ 157

6

Guilford,J P. Three faces of intellect. American Psychologist,1959,14(8):469 ~ 479

7

Guilford J P. Transformation Abilities or Functions. Journal of Creative Behavior,2011,17(2):75 ~ 83

8

段继扬.试论发散思维在创造性思维中的地位和作用.心理学探新,1986(03):31 ~ 34

9

Guilford J P. Intelligence;1965 model. American Psychologist,1966,21(1):20 ~ 26

10

Guilford J P. The structure - of - intellect model. Handbook of intelligence:Theories,measurements,and applications,1985. 225 ~ 266

11

Michael William B. Application of Guilford's Structure-of-Intellect Problem-Solving (SIPS) Model to Teaching for Creative Endeavor in Mathematics and Science (Special Contribution). Journal of East China Normal University (Educational Science Edition), 1990(01):9 ~ 17

12

李孝忠,穆道欣.吉尔福特智力结构模型研究的进展.应用心理学,1990(02):49 ~ 54