



## 初中物理“人眼视物”问题的讨论<sup>\*</sup>

汪小玲 林 钦

(福建师范大学物理与能源学院 福建 福州 350117)

(收稿日期:2018-03-17)

**摘 要:**从初中物理中人眼的“远点”出发,对眼睛的成像系统和分辨率进行分析,由此讨论与人的“眼睛”有关的现实问题,旨在使教师厘清“眼睛”有关的科学知识,同时提高对于现实问题的研究能力。

**关键词:**眼睛 成像 分辨

初中物理在凸透镜成像规律学习时往往都会涉及人眼视物问题,包括眼睛的成像规律、视力参数“远点”等。现行的各版本教材因篇幅等条件的限制,往往没有把内容介绍清楚,物理教师受课时等条件的制约,一般不会做过多的扩展。例如,教材将“远点”定义为“依靠眼睛调节能看清的最远的极限点”,并指明正常人眼的远点在无穷远<sup>[1]</sup>。这导致不少学生存在困惑:既然人眼能看清的最远点在无穷远,为什么人不能看到无穷远的物体呢?

溯本求源方知其精髓。因此,有必要针对“人眼视物”问题进行详细讨论,为物理教师的教学提供参考。

在“人眼视物”这个问题上,关键在于怎么“看到”。人类之所以能够看到客观世界,是因为眼睛接收到了来自客观物体发射、反射或散射的光<sup>[2]</sup>。因此,我们对“人眼视物”的分析应该从人眼的工作原理出发,主要讨论两个问题:(1)人眼的成像系统;(2)人眼的分辨率。

### 1 人眼的成像系统

从光学角度来说,眼睛属于一种光学成像仪器,其成像特点可以简化为球面折射进行讨论。对于中学生来说,眼睛成像更加类似于凸透镜成像。如图1所示,眼睛的晶状体和角膜的共同作用犹如一个凸

透镜,光线经晶状体的作用会聚在视网膜上形成像,经视神经作用输入大脑。需要注意的是,人眼睫状肌的伸缩可以改变晶状体的曲率半径,因而可以使不同距离的物体清晰地在视网膜上成像,此时晶状体与视网膜之间的距离就是像距。也就是说,人眼结构可以简化为一个凸透镜和光屏,且这个凸透镜在一定范围内可以根据需要而自动调节焦距<sup>[1]</sup>。

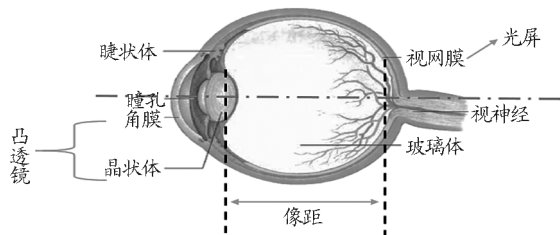


图1 眼睛结构

在人眼的光学系统中,正常的调节可以改变晶状体的焦距,所以眼睛可以看清距离不同的物体。事实上,晶状体的曲率半径达到最大值时,焦距最长,此时在视网膜上可以清晰成像的物体到人眼的距离就是远点<sup>[2]</sup>。超出远点的物体,经晶状体后所成的像距小,在未到达视网膜的位置聚合,则视网膜只能接收到模糊的像,故对于远点外的物体无法辨别细节。

初中教材中所指“正常人眼的远点在无穷远”指的是医学上的“正视眼”,在睫状肌完全放松情况下,远处物体在视网膜清晰成像。眼睛的调节能力由睫状肌的收缩功能决定,随着年龄的增长,肌肉收缩

<sup>\*</sup> 福建师范大学本科教学改革研究项目“‘物理学科教材与课例分析’教材建设”阶段性研究成果,项目编号:J201502018

通讯作者:林钦(1979-),男,硕士,副教授,主要从事物理课程教学及物理教学评价等研究。

功能衰退,加上眼睛结构上可能出现其他缺陷,如晶状体位置不正等,所以在现实人群中出现“正视眼”的概率很小<sup>[3]</sup>.事实上,人眼除了“正视眼”之外,大多数人的眼睛属于“近视眼”或者“远视眼”的范围.晶状体的形状发生变化,对于光线的作用发生改变,此时就不再是理想成像,视网膜上就接收不到清晰的像.如图2所示,晶状体正常情况下,光线在视网膜上会聚,成像清晰,即正视眼;当晶状体形状变厚,经晶状体作用的光线在视网膜前会聚,导致视网膜上的像模糊,这就是近视眼;当晶状体形状变薄,经晶状体作用的光线在视网膜后才会聚,视网膜上也无法接收到清晰的像,这就是远视眼.所以当眼睛出现近视或者远视时,需要配戴一定透镜制作的眼镜加以矫正.

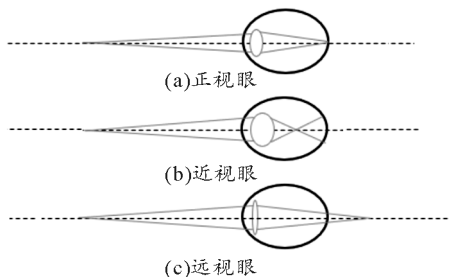


图2 正视、近视和远视

## 2 人眼的分辨率

在上面的讨论中,我们其实忽视了一个问题:光线是从哪里进入到晶状体的.其实人眼视物的光线是从瞳孔进来的,瞳孔在人眼系统中起到一个非常关键的作用.物理光学中,任何一个物体经一定大小的光学孔径成像后,都会发生衍射,在几何像点的位置上,就会产生一个艾里斑<sup>[2]</sup>.如图3所示,空间位置不同的物体沿不同角度投射的光线进入孔径(瞳孔),会形成不同的艾里斑,当两个艾里斑的空间距离很近时,就会发生重叠,导致无法分辨.对于既定的光学成像系统,在一定大小的孔径发生衍射现象后,分辨本领满足瑞利公式

$$\delta\theta_{\min} = \Delta\theta_0 = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

式中 $\lambda$ 为可见光的波长, $d$ 为小孔直径, $\Delta\theta_0$ 为艾里斑的半角宽度.由瑞利公式可知,光学元件的孔径 $d$ 越大时,最小张角越小,即可分辨的间隔越小,分辨

率越大.

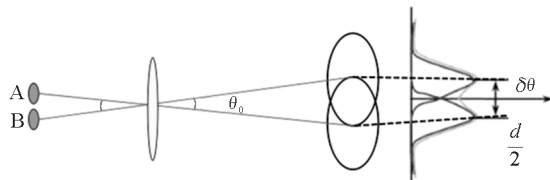


图3 瑞利判据:最小分辨角

在人眼结构中,人眼的瞳孔相当于一个直径大小在一定范围内可变的孔径光阑,光线进入瞳孔后将发生衍射.人的瞳孔大小有限,约 $2.5 \sim 4 \text{ mm}$ <sup>[4]</sup>,这样人眼的光学系统就存在一个分辨极限.若某人瞳孔为极限直径 $4 \text{ mm}$ ,对于 $550 \text{ nm}$ 的色光而言,此时的极限分辨角为 $0.6'$ ,但瞳孔直径过大时,眼睛像差产生影响,分辨角反而增大.所以一般认为人眼的极限分辨角为 $1'$ ,即 $\theta_{\min} = 1' = 2.908 \times 10^{-4} \text{ rad}$ <sup>[5]</sup>.

基于人眼的成像系统,曾有一个有意思的争论——在太空上人眼能否看到长城.这个问题的产生要追溯到人类对于宇宙的探索,前苏联宇航员根纳季·斯特列卡洛和美国宇航员尤金·塞尔南在公开场合表示在太空上人眼可以看到长城,2000年凤凰卫视采访宇航员奥尔德林,他表示在太空无法看到长城.2004年5月11日欧洲空间局在首页网站发布一张高分辨率卫星图像,并配文指出从太空看到了长城,神州五号的宇航员杨利伟返回地球时明确表示在太空无法看到长城<sup>[6]</sup>.在这种矛盾的冲击下,不管是学术界还是民间都有很多论证,讨论分析的结果也不尽相同.

从物理学角度来说,这是一个属于人眼光学成像范畴的问题,通常情况下,我们可以根据上面的分析进行简单计算.取人眼瞳孔的最大直径 $4 \text{ mm}$ ,可见光的波长范围为 $400 \sim 760 \text{ nm}$ (取人眼敏感的绿光波长 $550 \text{ nm}$ ),长城宽度最大的城台处大约有 $6 \text{ m}$ <sup>[7]</sup>.在天气条件理想的情况下,我们可以用瑞利判据进行计算

$$\lambda = 550 \text{ nm} = 5.5 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$d = 4 \text{ mm} = 4.0 \times 10^{-3} \text{ m}$$

最小分辨角

$$\Delta\theta_0 = 1.22 \frac{\lambda}{d} = 1.6775 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

(下转第118页)

1999(19):46~48

- 7 杨玉平,刘智毅,张灿书,等. 关于黑体辐射曲线拐点问题的讨论. 中央民族大学学报(自然科学版), 2008(17): 84~86

- 8 Z. Ficek. Problems and Solutions in Quantum Physics. Florida: CRC Press, 2016. 12~16  
9 [http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/LAD/C3/graphics/C3\\_radiation\\_03.gif](http://www.brooklyn.cuny.edu/bc/ahp/LAD/C3/graphics/C3_radiation_03.gif)

## Discussion on Vertex Problem of Black-body Radiation Curve

Han Kezhen Geng Xue Zhang Fang Ge Xiaolu Liu Xiaojuan Qin Hua

(School of Physics and Optoelectronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049)

**Abstract:** In black-body radiation, the frequency-coordinate of the vertex of the Planck formula  $\rho_\nu$  doesn't correspond with the wavelength-coordinate of the vertex of the Planck formula  $\rho_\lambda$ . The seemingly contradictory result brings about confusion in the actual learning process of the students. After an in-depth analysis, we find that the key to the essence of the problem lies in the exact understanding of the two concepts  $\rho_\nu$  and  $\rho_\lambda$  and the fact that the relationship between frequency and wavelength is not linear.

**Key words:** black-body radiation; Planck formula; frequency description; wavelength description

(上接第114页)

想看到6 m宽的长城,极限距离如图4所示,应该为

$$l = \frac{D}{\Delta\theta} = \frac{6 \text{ m}}{1.6775 \times 10^{-4} \text{ rad}} = 3.5768 \times 10^4 \text{ m} = 35.768 \text{ km}$$

若采用公认的人眼的极限分辨角 $1'$ ,则此时的极限距离仅有20.633 km.

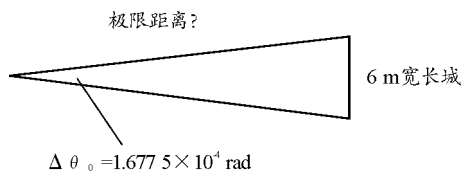


图4 眼睛视物的极限距离

显然,这样的极限距离远低于公认的太空高度,也就是说在遥远的太空,人眼是无法分辨出长城的.事实上,就“太空上能否看到长城?”的争议,从事遥感应用研究的戴昌达教授在早些年做了十分严谨的探索,戴老师在理论分析的基础上进行了空间遥感实验,对争议中出现的各种反对意见一一做出反驳,最后得出在太空人眼不能看到长城的结论<sup>[7]</sup>.

### 参考文献

- 1 人民教育出版社. 义务教育教科书·物理·八年级(上). 北京:人民教育出版社,2012. 100~101
- 2 赵建林. 光学. 北京:高等教育出版社,2006
- 3 吉红云,汪芳润,李军,等. 关于正视眼问题的讨论. 中国实用眼科杂志,1997,15(6):325~329
- 4 刘淑君,姜鹏飞,刘少义. 眼科学. 青岛:中国海洋大学出版社,2014. 6
- 5 李小彤,岑兆丰. 几何光学·像差·光学设计. 杭州:浙江大学出版社,2014. 186~187
- 6 李斌,云彤,吴晶晶. 太空中肉眼看不到长城. 北京日报,2004-12-08
- 7 戴昌达,姜小光,习晓环. 进一步剖析“从太空看长城”的争论. 科技导报,2007,25(4):72~76

