“眼睛成像及视力矫正”实验的创新演示

刘雪荣
（徐州市东苑中学，江苏 徐州　221000）

摘　要：针对“眼睛成像及视力矫正”传统实验操作步骤烦琐、实验现象不稳定的问题，笔者采取更新制作材料，提升教具实用价值的方法，对水透镜实施“透明化”改进，再与亚克力空心球附带双层亚克力管的眼球模型进行创新组合，不但能够实现两种透镜之间自由转换；而且能够全程呈现“视网膜”成像机理，在“全透明”实验装置的演示中获得意想不到的效果，为实验教学赋能.

关键词：眼睛成像实验；视力矫正实验；物理核心素养

1　问题的提出

苏科版初中物理 8 年级上册第 4.4 节“照相机与眼球 视力的矫正”中眼睛的视物原理介绍，以及近视眼与远视眼的形成与矫正的内容，既是实验教学的重点，也是难点.[1]在传统教学过程中，使用凸透镜替代人眼的晶状体，展示蜡烛经过凸透镜在光屏上成像的实验基础上，实验者通过将光屏远离（或靠近）凸透镜，来模拟近视眼（或远视眼）的形成，可将备用的近视镜（或老花镜）放于凸透镜前加以矫正[如图 1 中(a)所示].该实验无法真正体现晶状体折光能力的改变是形成近视与远视的根本原因，而且人为去改变眼睛内的“晶状体”与“视网膜”之间的距离也不符合事实真相.后来又有实验改进，在光具座上使用带有注射器的可变焦水透镜来替代人眼中的晶状体，通过推拉注射器的活塞改变水透镜的弯曲程度，在一个装置上实现近视眼和远视眼的成像过程，虽然突破了传统教学中凸透镜模拟眼睛晶状体的焦距不能改变的缺陷，但仍然存在无法将凹透镜矫正近视眼和凸透镜矫正远视眼两种不同情形通过一套器具实现连续改变的不足[如图 1 中(b)所示].导致很多实验过程出现“以讲代做”的现象，使学生对知识产生“隔靴搔痒”的窘迫体验.[3]

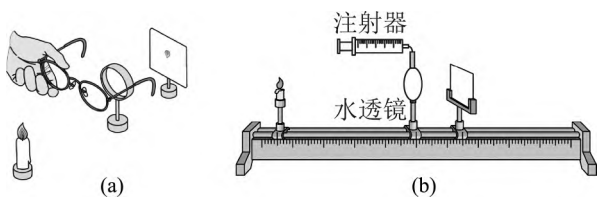


图 1　演示眼睛成像与视力矫正实验

因此，眼睛模型的建构与水透镜的改进与创新是该实验的突破点.其中图 1 中的实验只是用光屏简单替代视网膜来承接物体的像，学生很难从空间轮廓上将凸透镜（或水透镜）与光屏融合为一体，更难理解凸透镜（或水透镜）与光屏之间的“互动”，其本质上是人眼成像的重要部位晶状体与视网膜之间的“遥相呼应”.因此，福建的张雅玲[2]等教师用生物实验室的眼球模型展开“视力矫正”实验，其装置比较形象生动，但仍需要手持光屏在眼球模型内外平行移动来承接清晰的像，实验效果也不理想.那么如何自制更适合的眼睛模型与水透镜就是摆在我们面前的课题.

2　实验装置的创新设计与部件的制作

由于晶状体与视网膜是眼睛成像的重要结构，两者的位置也相对固定，为了降低思维难度，方便学生的理解，提高实验的有效利用率，在制作眼球模型时，笔者运用亚克力空心球附加双层亚克力管，通过移动内管前部的黑色圆纸板实现“光屏”的前后平移，既能承接光屏上清晰的像，又能显现成像位置与视网膜（球壳处）之间的相对距离.用透明亚克力管与波波球皮附加注射器的水透镜（带止水夹），巧妙运用两只水透镜的组合（其中一只模拟“晶状体”，另一只模拟“眼镜”），既实现眼睛视物原理的实验演示，又达成视力的矫正效果.解决了实验效果不佳，不能稳定观察实验的短板.

整个创新实验装置以调焦效果非常明显的两支附加注射器的水透镜（带止水夹）组合，再辅助“光屏”位置可以平移的眼球模型为创新点，其装置的创新设计如图 2 所示.

基金项目：本文系江苏省中小学教学研究第十五期立项课题“初中物理课程思政教学设计的关键要素与实施策略研究”（项目编号：2023JY15－L202）阶段性研究成果.

中国知网　https://www.cnki.net

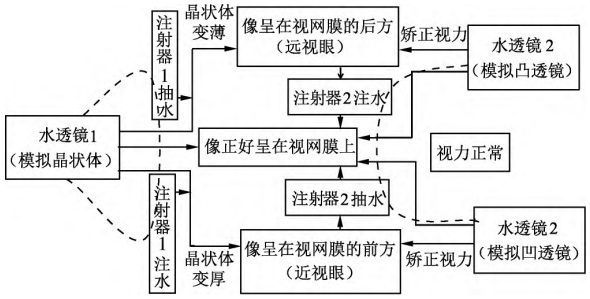


图 2　眼睛与视力矫正实验装置的创新设计

2.1　水透镜的制作步骤

(1) 结构名称.

根据凸透镜成像规律、通过与塑料管相连的注射器,用力推拉注射器活塞可以改变水透镜内水量多少,从而调节透镜镜面弯曲程度而改变其折光能力大小,实现凸透镜与凹透镜之间的自由转换.水透镜的具体结构名称如图 3 所示.

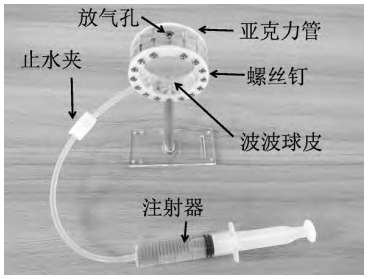


图 3　自制水透镜

(2) 制作材料选取.

① 外壳、固定环与长螺丝:取外直径为 6 cm、壁厚为 0.6 cm、长为 4 cm 的透明亚克力管 2 根,厚 0.3 cm、边长为 6 cm 白色亚克力板 4 块,长约 4.5 cm 的带螺帽的螺丝 30 根.

② 橡皮膜:波波球皮若干.

③ 注射器附件与支架:细塑料管 2 根,止水夹 2 只,容积为 20 mL 注射器 2 支,带螺纹的金属杆支架,带孔的亚克力长方形小块 2 片.

④ 制作工具:激光切割机 1 台,手工锯、美工刀、热熔胶棒枪各 1 把等.

(3) 制作过程.

① 圆环切割与管壁打孔:利用多功能激光切割机,在白色亚克力板上切割外直径为 6 cm、环宽为 0.6 cm 的圆环 4 枚;将 4 枚圆环分别置于 2 根亚克力管口端,沿管壁方向平行且等距地开钻 15 个孔径为 0.2 cm 的圆孔备用.

② 管壁开孔:在管侧壁居中相对的位置,分别开两个小孔,其中一个孔开通透,另一个半通透,在通透的小孔中旋入螺母进行密封(放气孔),在相对的小孔中装上带螺纹的金属杆支架,在支架的下部再用螺丝固定一块小长方形亚克力底座.接着在管的侧壁开一个通透圆孔,将带止水夹的塑料细管一端插入孔中,另一端套在注射器的乳头上.

③ 部件组装:取两块波波球皮分别盖在亚克力管的两开口端,用白色亚克力环夹在球皮外面,再分别将长螺丝依次插入管壁孔洞中,再用螺帽固定好亚克力环,保证球皮松紧适度,最后用美工刀将多余的球皮去掉待用.

2.2　眼球模型的制作步骤

(1) 模型的结构.

巧妙运用透明空心亚克力球模拟眼球模型,双层亚克力管的内管前方黑色光屏的水平移动,弥补了不能在视网膜(球壳处)前、后方成像的缺陷,避免了实验者看不到清晰像的尴尬,各部分结构名称如图 4 所示.

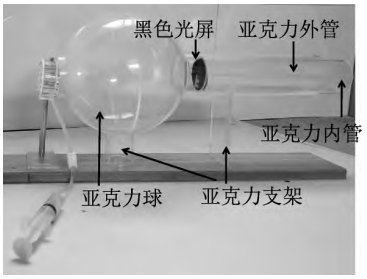


图 4　自制眼球模型

(2) 制作材料选取.

① 空心球、亚克力双管与支架:网购直径为 30 cm的亚克力透明空心球(两只半球)1 枚;外直径分别为 6 cm 与 5.5 cm,壁厚为 0.3 cm、长度为 40 cm 与 45 cm 的亚克力管各 1 根;圆形黑纸片 1 块;长约 4 cm 亚克力管 1 根,长方形亚克力板 1 块.

② 辅助材料:“F”形光源 1 只,PVC 管 1 根,160 cm×30 cm×3 cm 免漆长木板 1 块等.

(3) 制作过程.

① 球壳开孔与双层管安装:取两只亚克力半球,用激光切割机在半球壁中心相对的位置分别挖出直径为 6 cm 的两个圆孔,将两半球相对地合在一起,用胶棒枪的热熔胶将两半球粘牢,接着将直径为 6 cm 的亚克力管(简称“外管”)置于球的右侧开孔处,用热熔胶将接头处水平地固定好,在其内部插入嵌有圆形黑纸片(起到光屏的作用,也模拟眼睛的视网膜)直径为 5.5 cm 亚克力管(简称“内管”),其能水平抽动自如.

② 睫状肌安装:在亚克力球的左侧开孔处用

中国知网 https://www.cnki.net

热熔胶粘上长约 2 cm 亚克力管(模拟睫状肌).

3　实验装置的组装过程

(1)“眼球模型”的固定:取来长方形免漆板平放在实验桌上,将长 4 cm 的亚克力管竖直放在木板靠右的中心轴线上,用热熔胶固定好,接着将眼球模型水平放在管口上,再用上凹下平的亚克力板将亚克力外管托住,最后用热熔胶将亚克力板竖直固定在木板上.

(2)水透镜与“F”光源的放置:将水透镜 1(模拟眼睛的晶状体)竖直紧靠在眼球模型的“睫状肌”的前面,接着放置好水透镜 2(模拟近视镜与老花镜),再用手工锯截取一段 PVC 管,套在“F”光源的下端作为支架,置于免漆板左端的中轴线上,保证“F”光源与两只水透镜、光屏等高、共轴,整个自制眼睛成像及视力矫正演示实验装置组装完毕(如图 5 所示).

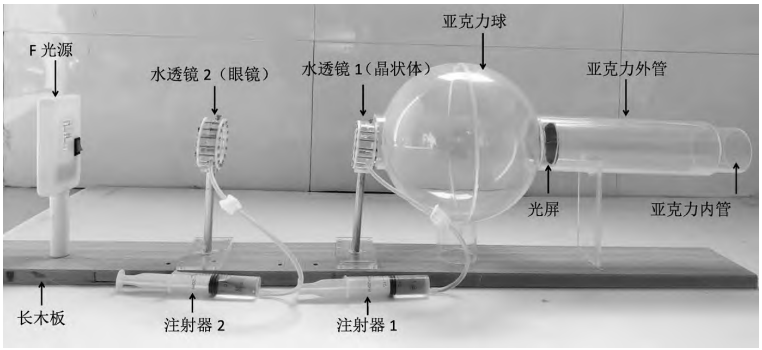


图 5　自制眼睛成像及视力矫正演示实验装置

(3)水透镜的注水过程:首先用螺丝刀旋下水透镜的放气孔螺丝,将注满水的注射器乳头插入细塑料管中,慢慢地向透镜内注水,直至注满水为止(多余的水会从放气孔溢出),再用螺丝刀将螺丝旋入放气孔密封好,保证透镜内无气泡,最后按下止水夹备用,另一只水透镜如法炮制.

4　实验装置的演示操作过程

4.1　眼睛的视物原理实验演示

根据人眼的结构特点与凸透镜成像规律,学生展开思维迁移,发现人眼中的晶状体就相当于凸透镜;视网膜相当于光屏;“F”光源相当于眼睛前面的物体.为了顺利实现物理模型的建构,首先取走水透镜 2,水平移动“眼球模型”中的内管,使“光屏”置于亚克力球壳处,用来模拟“视网膜”.点亮“F”光源,用注射器调节水透镜 1 中水量,直至“F”光源在“视网膜”上呈现清晰的像,按下止水夹使透镜中的水停止流动,演示人眼能正常看见外界物体的情境(如图 6 所示).

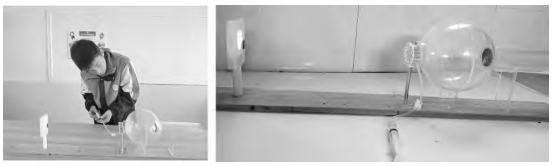


图 6　正常人眼睛的视物演示实验

4.2　近视眼与远视眼的形成过程以及矫正实验演示

人眼的视物过程是通过睫状肌的伸张与收缩来调节晶状体的厚薄来实现的.若睫状体放松时,晶状体会变薄,远处物体的像恰好能呈现在视网膜上,眼球就看清远处的物体;反之,若睫状体紧张时,晶状体变厚,近处物体的像恰好呈现在视网膜上,眼球也就看清近处的物体.但是,若晶状体不能调节或调节能力减弱会出现什么情况呢?这样就会使眼睛看清物体的范围会减小,导致出现两种情况:近视眼与远视眼.那么如何实验展示近视眼与远视眼形成的原因以及正确的矫正方法,是摆在我们面前的重要课题.

4.2.1　近视眼的形成过程以及矫正实验演示

当远处景物经过晶状体所成的像落到视网膜前面,导致只能看清近处的物体而看不清远处的物体,叫近视眼.为了让人眼能看清物体,就应该使像重新落到视网膜上,因此必须用凹透镜来进行矫正(如图 7 所示).

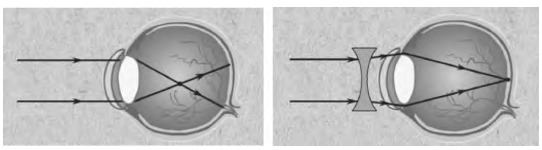


图 7　近视眼的形成与矫正原理图

(1)近视眼的形成过程演示.

如图 6 所示,在人眼正常视物实验的基础上,先打开止水夹,用手握住与水透镜 1 相连的注射器,轻轻用力推动活塞向水透镜 1 内注水,水透镜 1 变厚,

中国知网 https://www.cnki.net

此时“光屏”上的像逐渐模糊，此时将眼球模型中的内管慢慢地推向亚克力球的内部，发现“F”光源的像又能够清晰地呈现在“光屏”上，即像成在视网膜的前方，这就是近视眼的形成过程[如图 8(a)所示].



(a) (b)

图 8 近视眼的形成与矫正实验演示

(2) 近视眼的矫正过程演示.

可以先将眼球模型内管中的“光屏”慢慢地拉回到亚克力球的球壳处(视网膜的位置)，再将水透镜 2 及细管注射器放回如图 5 所示的实验装置处，拉动注射器活塞慢慢向外抽水，直至“F”光源的像再一次能够清晰地成在视网膜上.水透镜 2 的镜面弯曲程度变小，用手摸一摸水透镜 2 的形状，发现此时的水透镜是中间薄、边缘厚的凹透镜[如图 8(b)所示].

得出实验结论：近视眼可以用凹透镜(近视镜)进行矫正.

4.2.2 远视眼的形成过程以及矫正实验演示

与近视眼的形成原因相反，当物体经过晶状体后所成的像落到视网膜后面，导致只能看清远处的物体而看不清近处的物体，叫远视眼.为了使人眼能够重新看清物体，也应该使像重新落回到视网膜上，因此必须用凸透镜来进行矫正(如图 9 所示).

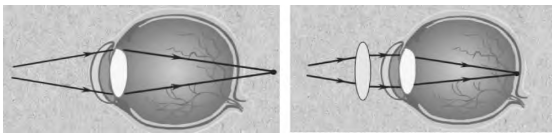
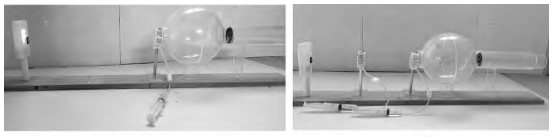


图 9 远视眼的形成与矫正原理图

(1) 远视眼的形成过程演示.

远视眼的形成过程与矫正方法同近视眼的形成与矫正的操作方式正好相反.在如图 6 实验的基础上，先打开止水夹，用力拉动注射器活塞慢慢向水透镜 1 外抽水，水透镜变薄，此时“光屏”上的像也逐渐模糊，再将眼球模型中的内管慢慢地拉向亚克力球的外部，“F”光源的像又能够清晰地成在“光屏”上，即像成在视网膜的后方，这就是远视眼的形成过程[如图 10(a)所示].



(a) (b)

图 10 远视眼的形成与矫正实验演示

(2) 远视眼的矫正过程演示.

首先将眼球模型内管中的“光屏”慢慢地推回到亚克力球的球壳处，再一次将水透镜 2 及细管注射器放回如图 5 所示的实验装置原处，推动注射器活塞，向透镜内注水，水透镜 2 的弯曲程度变大，直至“F”光源的像再一次能够清晰地成在视网膜上.用手摸一摸水透镜 2 的橡皮膜，发现此时的水透镜是中间厚、边缘薄的凸透镜[如图 10(b)所示].

得出实验结论：远视眼可以用凸透镜(老花镜)进行矫正.

5 结束语

(1) 自制“全透明”水透镜是突破探究实验的难点所在.运用筒壁较厚的亚克力管制作的水透镜比一般的 PVC 管更加具有透明性，波波球皮比普通气球的厚度好、韧性高，耐用性能大大加强，在其顶部开有放气孔，向水透镜内部注水方便、快捷，若密闭不严，可以在密封螺丝上套上一截软皮圈，密封效果更好.

(2) “眼球模型”的内管及“光屏”设计，可以使像的位置可视化.内管中的黑色圆纸板可以很好承接物体像的同时也可以显示像的位置.当眼睛近视时，物体的像成在视网膜的前面，可以向“眼球”内部移动内管，在“光屏”上成清晰的像；当眼睛远视时，物体的像成在视网膜的后面，可以向“眼球”外部移动内管，也可以使“光屏”上成清晰的像；只有将物体的像呈现(或矫正)在亚克力球壳上，此时的“光屏”才能够称为“视网膜”.

总之，一套好的教具在实验探究过程中，更加凸显实验教学的教学价值与育人价值，可以提升学生实验操作能力，训练学生的科学探究能力，培养学生的创新思维.相较于传统的说教式、图文式教学方式，可以纾解教学的痛点，促进学生亲自动手、亲身体验.让学生在手脑并用中提高科学思维能力、创新创造能力、科学探究精神.

参考文献：

1 义务教育教科书·物理(八年级 上册)[M].南京：江苏科学技术出版社，2012.
2 张雅玲，付丽萍，袁超.巧设创新实验 促进思维发展——以“视力的矫正”教学片断为例[J].物理教师，2020，41(7)：38－42.
3 毛银芹，冯洁，李红梅，等.“眼睛与眼镜”演示仪的设计与制作[J].物理教师，2019，40(4)：60－62.

(收稿日期：2024－01－12)

中国知网 https://www.cnki.net