液体密度计的循证改装

王亚峰[1]　吉临荣[2]

（1.无锡市滨湖区教育研究发展中心　江苏　无锡　214073；2. 无锡经开区教师发展中心　江苏　无锡　214125）

摘　要：在初中物理二轮复习课“液体密度计的改装”中，基于生活情境，提出真实问题，从实验事实、实验原理、数学图像等角度循证，归纳出密度计改装的通用方法，增强学生证据意识，提升科学论证能力.

关键词：液体密度计；循证；改装

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008-4134(2024)02-0053-04

循证实践（evidence-based practice，EBP）肇始于20世纪七八十年代的循证医学.1996年剑桥大学教育学教授戴维·哈格里夫斯（David Hargreaves）在一次教师培训演讲中首次提出循证教学的概念，他认为“教师也应该像医生一样，基于证据进行教学决策和实施教学行为”[1].循证的关键是遵循证据.

初中物理二轮复习课，不是简单地“炒冷饭”，重复“昨天的故事”，而是结合学生复习中的重点、难点和痛点，基于生活情境，提出真实问题，在学生解决问题的循证过程中，完善知识结构、巩固模型建构、分析论证数据，提升核心素养.下面以“密度计的改装”二轮复习为例，说明循证对增强学生证据意识、提升学生论证能力有促进作用.

1　提出问题

小明家想购买一支液体密度计.上网查阅资料后发现，网上以“比重计”和“比轻计”两种居多（如图1所示）.对比两种密度计，发现前者“比重计”测量的液体密度范围大于水的密度1.0 g/cm^3，后者“比轻计”测量的液体密度范围小于1.0 g/cm^3.小明想如果测量密度为1.0 g/cm^{3}左右的液体密度时，需要不停地擦净、换用两种密度计，比较麻烦.能否设计并制作一个既可测量密度大于1.0 g/cm^3，又可以测量密度小于1.0 g/cm^{3}的液体密度计呢？



图1　比重计和比轻计

设计意图：学生已经学习过用天平和量筒测量密度的方法，也具备设计和制作测量工具的技能.初中物理二轮复习课不能重复固体和液体密度的测量，要以真实生活情境中的问题为主题，激发学生循证兴趣，在解决真实问题的过程中，发展学生科学论证能力，实施深度教学.

2　循证改装

驱动问题1　能否制作一个量程符合要求的密度计？

器材：电子天平，柱形塑料小桶，纯酒精（ρ=0.8 g/cm^3）、水、酱油（ρ=1.2 g/cm^3），胶头滴管.

生：利用电子天平控制液体的质量相等，在柱形塑料小桶上标出液面的位置，液面的位置可以表示液体密度的大小.

师（提示）：制作时注意事项，电子天平具有“清零”功能，可消除塑料小桶的质量，方便制作；三种液体的质量均取50 g；小组成员要有分工、有合作.

生：学生实践.

循证1：实验事实.展示多组同学标在塑料小桶上的刻度（0.8、1.0、1.2），有什么共同特点？

生：上面数值小，下面数值大；刻度不均匀，上面间距大，下面间距小.

循证2：实验原理.从密度计的制作原理上分析，解释刻度分布不均匀的原因.

生：由公式液体密度$\rho=\frac{m}{V}$，柱形小桶体积$V=Sh$，得$\rho=\frac{m}{Sh}$，由于质量m和面积S不变，所以，h与ρ是一

基金项目：江苏省中小学教学研究第十四期重点课题“基于项目的初中物理探究学习循证实践”（项目编号：2021JY14-ZB23）；无锡市教育科学“十四五”规划课题“基于实验的初中物理单元设计区域实践研究”（项目编号：F/E-c/2021/03）.

作者简介：王亚峰（1978-），硕士，中学高级教师，研究方向：课堂教学、考试评价；
吉临荣（1966-），本科，中学正高级教师，江苏省特级教师，研究方向：实验教学、中考评价.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

个反比例函数.

循证3:数学图像.画出 h 与 ρ 的关系图像进行分析.

生:用刻度尺测出三个刻度对应的 h 值,绘制 h 与 ρ 的关系图得到一条曲线(如图2所示).

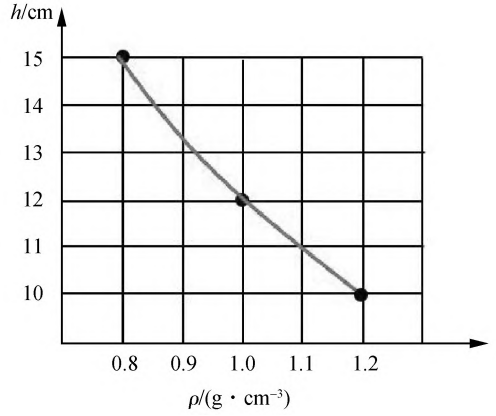


图2 h 与 ρ 的关系图像

师:大家能从图像上,找出刻度不均匀的证据吗?

生:在图像上取密度值分别为0.8、1.0、1.2的三个密度差相等的点,比较高度差得到 $\Delta h_1>\Delta h_2$.也可以取图像上三个高度差相等的点,比较密度差的大小.

设计意图:从实验事实、实验原理、数学图像三个方面,对新制作的1.0版液体密度计"刻度不均匀"进行论证,在培养逻辑分析思维的同时,提出驱动问题2.

驱动问题2 能否制作一个刻度均匀的密度计?

器材:弹簧测力计,标有体积刻度的塑料小桶,纯酒精(密度为 $0.8\mathrm{g/cm^3}$)、水、酱油(密度为 $1.2\mathrm{g/cm^3}$),胶头滴管.

生:我们可以控制液体的体积相等,由 $\rho=m/V$ 可知,当液体的体积 V 一定时,液体的质量 m 与密度 ρ 成正比.

师(提示):用弹簧测力计沿竖直方向挂空的塑料小桶,在弹簧测力计上标记密度值;该密度计的零刻度线就是小桶中没有注入液体时弹簧测力计的示数位置,大小为空桶所受重力(如图3所示).

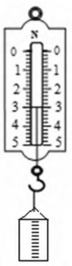


图3 空桶的重

生:分别将注有体积为50 mL酒精、水、酱油的塑料小桶挂在弹簧测力计下,标出0.8、1.0、1.2.

循证1:实验事实.观察多组同学标注的刻度,0.8、1.0、1.2刻度线的间距近似相等,该密度计的刻度是均匀的.

循证2:实验原理.从密度计制作的原理上,解释刻度分布均匀的原因.

生:从原理上看,根据弹簧测力计示数 $F=G_{总}=G_{桶}+G_{液}=G_{桶}+mg$,$F=G_{桶}+\rho_{液}V_{液}g$,在 $G_{桶}$ 和 $V_{液}$ 一定时,F 与 $\rho_{液}$ 是一次函数关系,所以刻度是均匀的.

循证3:数学图像.根据实验数据,确定坐标,画出 F-$\rho_{液}$ 图像(如图4所示).

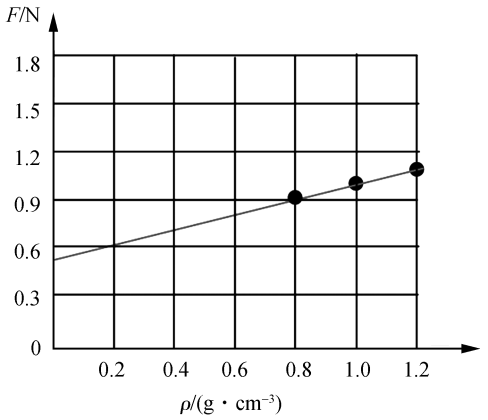


图4 F 与 $\rho_{液}$ 关系图像

生:是一条直线,可以得出在液体体积一定时,密度均匀变化,弹簧测力计的示数也均匀变化,即该密度计的刻度是均匀的.

循证4:实验事实.用该密度计来测量医用酒精密度.

生:同样取体积为50 mL的医用酒精,弹簧测力计的示数在0.8~0.9之间.由于刻度间距比较小,读数不够精确.

设计意图:再次从实验事实、实验原理、数学图像三个方面,对制作的"2.0版液体密度计"的刻度进行论证,符合刻度均匀的制作要求,强化学生循证的思路.循证4既是对制作的液体密度计的评价,也是基于实验事实的循证实践.结果发现密度计刻度间距比较小,读数不够精确,进而提出新的问题——驱动问题3.

驱动问题3 能否制作一个测量精度较高的密度计?

师:怎样提高该密度计的精确度呢?

生:增大液体的体积.

循证1:实验事实.

生:分别在塑料小桶中注入100 mL的酒精、水、酱油,挂在弹簧测力计下,标出刻度.刚才0.8~1.0之间是半格,现在变为1格,可以再次标记刻度,分度值就变小,测量结果就精确.

循证2:数学图像.在图4中画出体积为100 mL时的 F-$\rho_{液}$ 图像(如图5所示).

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

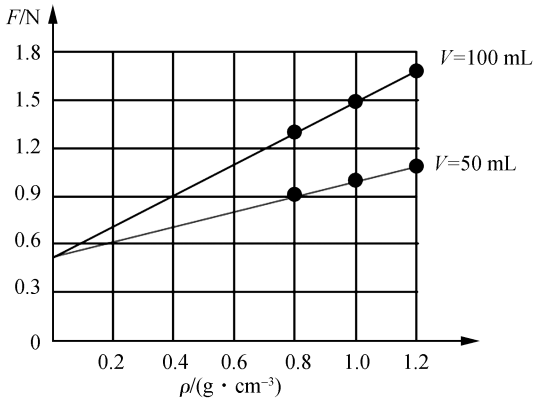


图 5　F 与 $\rho_{液}$ 关系图像

生：取相同的密度差，比较弹簧测力计示数 F 的差值，发现 100 mL 时 F 的差值变大，说明密度计测量结果更加精确；也可以取相同的弹簧测力计示数 F 差，比较密度差值，发现密度差值变小，也说明密度计测量结果更加精确.

循证 3：实验原理.

师：能否从实验原理角度，对“3.0 版密度计”的精确度进行分析呢？

生：由 $F=G_{桶}+\rho Vg$ 可知，式中自变量是密度 ρ，因变量是弹簧测力计示数 F，提高精确度的关键在于减小分度值.解决方法是当自变量的变化量 $\Delta\rho$ 一定时，因变量的变化量 ΔF 越大，分度值就可以标得越小，测量的精确度就越高；还可以由于 $\Delta F=\Delta\rho Vg$，$\Delta\rho$ 一定，g 为常数，液体体积 V 变大时，ΔF 越大，进而提高测量的精确度.另外，从实验原理还可衍生出该密度计的精确度与小桶重力无关的结论.

循证 4：实验事实.用该密度计来测量医用酒精的密度.在塑料小桶中注入 100 mL 医用酒精，弹簧测力计示数在 0.8 至 0.9 之间，且距离 0.9 近些，估读为 0.86 g/cm^3，比 50 mL 时的读数精确.若要再提高精度，可继续增大液体的体积.

设计意图：在改装 3.0 版密度计的过程中，学生很自觉地从实验事实、实验原理、数学图像三个方面进行论证，关键是在循证过程中，初步形成证据意识，发展科学论证能力.

3　循证评价

驱动问题 4　制作的密度计测量精度究竟是多少？

师：要想评价液体密度计精确程度，还需要知道医用酒精密度的真实值是多少？

生：用天平和量筒常规方法测量.先在小桶中注入适量医用酒精，用电子天平测出总质量为 106.3g；再将小桶中的酒精，倒入量筒中 50 mL（整数体积）；最后测出小桶和剩余酒精的总质量为 63.8 g；根据数据可计算出医用酒精的密度为 0.85 g/cm^3.

师：我们还有一种高精度、直接测量液体密度的电子密度计（如图 6 所示），其精确度达到千分位，误差很小，可用其测量结果近似地代替真实值.



图 6　电子密度计

生：阅读说明书，电子密度计主要由玻璃砝码、挂钩、测量支架等组成.

师：（演示）将玻璃砝码浸没在待测医用酒精中，此时按下“密度”键后，电子密度计示数即医用酒精的密度数值为 0.852 g/cm^3.

设计意图：评价液体密度计制作的效果，精确度是一个重要的评价指标.评价也需要循证，我们可以用天平和量筒常规测量液体密度的方法测出液体的密度进行比对，也可以用比较精密的电子密度计测量出液体的密度进行比对，使学生在学习并观察电子密度计使用的过程中，体会新科技给物理学带来的魅力，同时提高阅读说明书的能力.

驱动问题 5　改装密度计的通用方法是什么？

师：回忆液体密度计的改装过程，从刻度不均匀的液体密度计 1.0 改进到刻度均匀的液体密度计 2.0，因其刻度虽均匀但不精确，又改进到均匀且精确的液体密度计 3.0.假如我们继续制作杠杆密度计、电流密度计，我们的制作原理是什么呢？

生：可以按照下列步骤来思考：一是明确自变量和因变量，自变量都是液体的密度，因变量分别是液面的高度、弹簧测力计的示数；二是推导出因变量与自变量之间的函数关系式，如液体密度计 1.0 的表达式是 $h=\dfrac{m}{\rho\cdot S}$，密度计 2.0 的表达式为 $F=G_{桶}+\rho Vg$.杠杆密度计（如图 7 所示），就需要建立密度与杠杆力臂的关系式[2]；电流密度计（如图 8 所示），就需要建立密度与电流表示数的关系式，我们已经会建立密度与力的关系，如何建立密度与电流的关系呢？肯定需要一种半导体材料——压敏电阻 R_x，就可以把力与电流联系起来，进而建立密度与电流的关系.

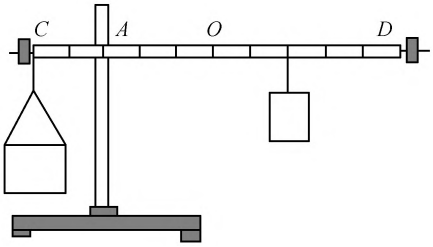


图 7　杠杆密度计

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

自制教具在光的反射定律教学中的应用

李　晗　于伟威

（辽宁师范大学物理与电子技术学院　辽宁　大连　116029）

摘　要：在探究光的反射定律的实验中，针对科学探究中猜想与假设环节，使用模型教具培育学生思维的严谨性；针对教材中光的反射器材光路显示易不完整、操作步骤较繁琐、观察视角受限等情况，使用光的反射实验仪进行优化，并能实现多人同时操作提升教学效率、展示立体光路提升教学质量；针对光的反射定律的普适性，使用紫外线反射教具完善学生的知识体系.从知识构建、开展实验以及完善知识体系的角度，运用教具进行教学以培育学生的核心素养.

关键词：光的反射；实验；教具

中图分类号：G633.7　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1008-4134(2024)02-0056-03

“光的反射定律”是光传播的基本定律.在学段内容上，与高中的光的反射内容呈顺向迁移的关系；在知识地位上，与折射定律共同构成更为完整的光传播知识体系.因此光的反射定律教学具有非常重要的意义.《义务教育物理课程标准(2022 年版)》(以下简称“新课标”)中指出物理课程要秉持注重科学探究的理念，光的反射定律就需以探究的方式进行学习[1].从学情的角度来看，学生对光的反射现象的了解尚浅且缺乏思考.环境是认知过程的一部分，因此通过模型教具帮助学生直观感知、引导学生建构知识并进行合理猜想具有必要性[2].即自制教具的使用可填补学生的思维空白[3].此外，实验教学可以有效地培育学生的核心素养[4]，而探究光的反射定律实验的成功与否，与实验器材的呈现效果具有高度相关性，且在有限的

基金项目：辽宁省本科教学改革普通研究项目“融合课程思政、基于创新人才培养的普通物理教学改革的探索与研究”(项目编号：辽教办〔2022〕160 号)；辽宁师范大学研究生教育教学改革研究项目“融合现代信息技术的研究生质量评价体系与评价标准的探索与创新”(项目编号：YJSJG202314).

作者简介：李晗(1994-)，硕士研究生，研究方向：学科教学(物理).

通讯作者：于伟威(1983-)，博士，研究方向：物理课程与教学论、强场物理.

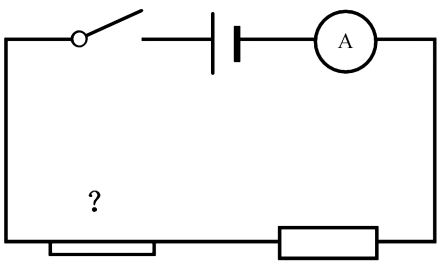


图 8　电流密度计

设计意图：初中物理二轮复习课，关键是方法和能力的提升，液体密度计的改装通用方法是找出自变量和因变量之间的关系式.测量密度的工具有多种，各种密度计都有其优点和缺点[3].生活中还要根据测量要求选择合适的工具测量物质的密度.

4　结语

“循证”就是要遵循证据，器材的改装要遵循证据，教学和评价也要遵循证据.循证的步骤不是固化的、线性的，而是循环往复、螺旋上升的过程.在循证中，从实验事实、实验原理、数学图像等方面不断形成新问题，在解决新问题的过程中循环进阶，归纳出液体密度计等测量工具改装的通用方法，增强学生的证据意识，发展学生的核心素养.

参考文献：

[1]许爱红.基于证据的教育及其对我国教育发展的启示[J].教育理论与实践，2021，31(25)：16-19.

[2]吉临荣.测量工具要素的深度分析及解题策略[J].中学物理教学参考，2019，48(02)：36-37.

[3]吕辉，梁秀丽，王爱萍，等.液体密度测定方法及标准应用[J].山东化工，2016，45(06)：49-51.

(收稿日期：2023-08-24)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net