

重视实验探究 强化理解能力 逐步培养核心素养

——以布朗运动教学片段为例

徐 慧 周远宏

(南京师范大学附属中学 江苏 南京 210003)

(收稿日期:2019-09-16)

1 高考对布朗运动这部分知识内容的考查要求

高考物理学科考查的能力主要包括理解能力、推理能力、分析综合能力、应用数学处理问题的能力和实验与探究能力5种能力,它们之间不是孤立的,是相互联系、相互渗透的.对“布朗运动”这部分知识内容要求的掌握程度为I,即基本要求:对所列知识要理解其内容及含义,并能在有关问题中识别和直接使用.重在考查学生的理解能力,理解能力是指理解物理概念、物理规律的确切含义,能清楚地认识概念和规律的表达形式,能够鉴别关于概念和规律的似是而非的说法,理解相关知识的区别和联系,理解物理规律的适用条件,并能应用于简单的实际物理问题的解决中.

2 物理学科核心素养

“核心素养”是指学生在接受教育的过程中,逐步形成的适应个人终身发展的必备品格,也是适应社会发展需要的关键能力.物理学科核心素养要素包括基本物理观念、基本物理思维、实验探究能力和科学精神与态度.这就要求在物理教学实践中,不仅重视学生知识的掌握,更应该重视学生的思维过程、探究过程.教师通过适当的手段或途径引出问题,使学生自己探索、通过观察想象、寻求证据,进行合理的分析和推理,思考并解决问题,使学生可以通过交流合作完成科学探究.在探究中完成模型构建,科学推理,并进行科学论证,培养学生的科学思维.使学生树立正确的科学态度,了解科学的本质,具备基本的实验探究能力,逐渐形成良好的物理思维能力.本

文以“布朗运动”部分教学为例,以学生自主探究为主,既达到了教学目的,又提高了学生的实验探究能力和逻辑推理能力,与物理核心素养的培养目标不期而合.

3 布朗运动部分的教学

人们的认知总是从简单到复杂,从现象到本质,因此我们设计思路是首先观察到布朗运动的实验现象,激起学生的疑问.

3.1 介绍布朗的实验

1827年,英国植物学家布朗研究植物授粉行为时,用显微镜观察悬浮在水中的花粉微粒,惊奇地发现一些“小微粒”在不停地做运动.布朗开始以为是有生命的物体在动,他尝试了各种微粒,把花粉煮熟后晾干,再制成溶液;用上百年以上的植物标本制成溶液;用无机物碳粉制成溶液等,都发现了有一些“小微粒”在运动.由此引起了世界物理学家的关注.

3.2 还原布朗的实验

为了便于观察,学生分组实验采用了带显示屏的光学显微镜,如图1所示.上面带有数字目镜,可以直接从屏幕上看到显微镜目镜观察到的实验现象,清晰直观.教师同步演示实验,也采用带有数字目镜的光学显微镜,不过这个数字目镜直接将目镜观察到的实验现象显示到电脑屏幕,可以通过投影仪投到大屏幕.通过生物显微图像分析软件Motic Images Plus 2.0(图2),还可以以图片或者视频的形式,直接记录数字目镜观察到的实验现象.



图1 带显示屏的光学显微镜



图2 生物显微镜图像分析软件

图像分析软件 Motic Images Plus 2.0 录制一段显微镜观察到的实验现象,用物理追踪软件 Tracker(图3)打开录制的视频,如图4所示.物理追踪软件 Tracker 是美国物理专业学生和教师专用研究软件,可以直接记录物体运动状况,也可以研究运动规律.为了便于观察记录,对局部区域可以放大,如图5所示. Tracker 软件能够实时准确记录物体不同时刻的位置,也可以分析物体的位置、速度、加速度的变化情况.



图3 物理追踪软件 Tracker

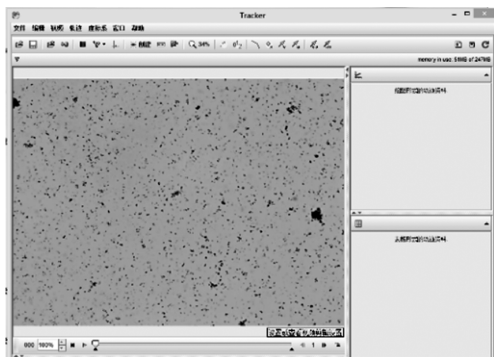


图4 用 Tracker 打开视频

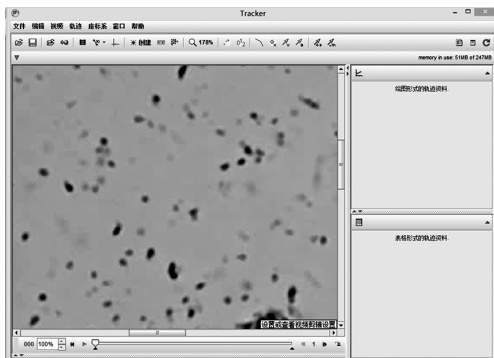


图5 视频局部放大

选择其中任意一个小颗粒进行研究,选择创建质点或者质心(图6),会出现图7所示的对话框.

实验 1:制备无机物颜料和水的悬浊液,滴一滴到载玻片上,通过显微镜观察实验.有什么疑问?

学生讨论,总结学生的疑问,主要为以下几类:

- (1) 是什么在运动?
- (2) 在做什么样的运动?
- (3) 为什么做这样的运动?
- (4) 这种运动与哪些因素有关?

.....

依次解决上述问题.

探究 1:是什么在运动?

人眼的分辨率是 10^{-4} m,而光学显微镜放大倍数 $18 \times 40 = 720$ 倍,因此我们通过显微镜观察到的运动小微粒的数量级是 10^{-6} m,而分子的数量级是 10^{-10} m.显然运动微粒是由大量分子组成的分子团,而溶液中除了水分子就是悬浮的颜料微粒,因此运动的微粒是“悬浮的固体微粒”.

探究 2:在做什么样的运动?

为了寻找小颗粒的运动规律,现场用生物显微

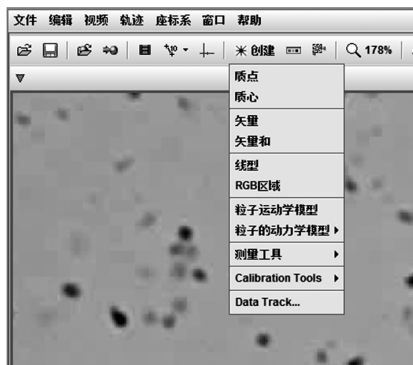


图6 创建质点或质心

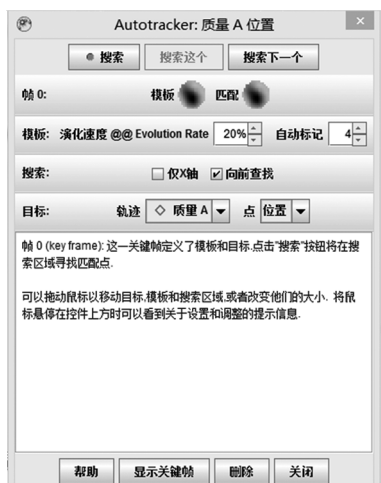


图7 对所选对象进行设置

在图7所示的对话框中可以自行选择每隔多少帧记录一次所选对象的位置,也可以选择自动记录还是手动记录,一般由于运动比较剧烈,手动搜索比较准确。可以以折线形式标记位置,也可以对记录的位置进行序号标记,还可以记录研究对象的位移-时间图像、速度-时间图像,以及加速度变化情况,功能较多,不详细赘述。

记录下不同时刻小微粒的位置,每隔10帧记录一次,如图8所示

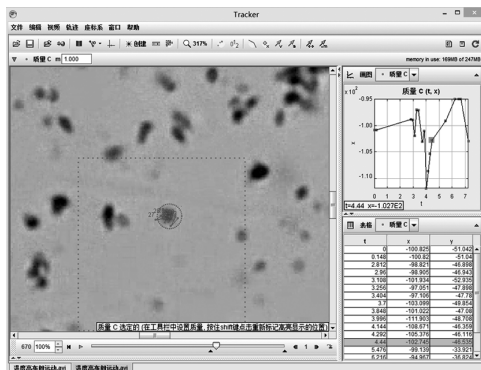
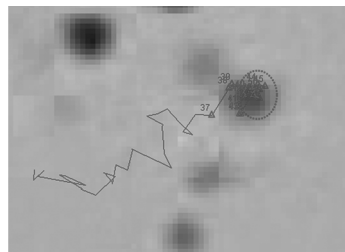
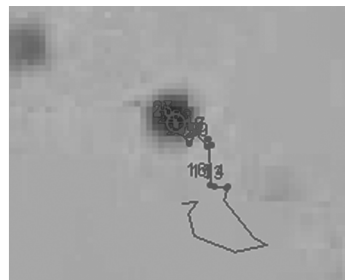


图8 记录不同时刻小微粒的位置

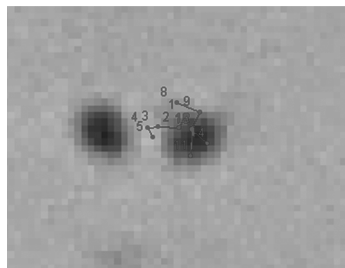
记录任意不同的小颗粒的运动情况,分别如图9所示。



(a)



(b)



(c)

图9 3种不同小颗粒的运动情况

引导学生思考:

(1) 折线是“小微粒”的轨迹吗?

学生交流得出结论:不是轨迹,是不同时刻的位置,因为每隔10帧记录一次。

(2) 小颗粒在做什么样的运动?

学生观察得出结论:看起来杂乱无章、无规则的运动。

观察实验现象,发现小颗粒一直在运动,布朗一直观察一个多月,花粉颗粒并没有停下来,直到溶液干涸。

实验2:将无机物颜料和水的悬浊液滴入载玻片,晾晒一个星期以上,通过显微镜观察颜料溶液干涸后的载玻片,观察实验现象。

可以看到只要溶液不干涸,这种运动就不会停止,溶液干涸后所有小微粒静止不动。为了纪念布朗,把这种悬浮微粒永不停息的无规则运动叫做布朗运动。

探究 3:为什么做这样的运动?

实验 3:在颜料溶液干涸后的载玻片上,滴入蒸馏水,盖上盖玻片,再次通过显微镜观察实验现象.

观察到少数微粒开始继续做无规则的运动,随着时间的推移,无规则运动的微粒越来越多.由此得出液体分子是运动的关键.让学生尝试分析具体原因.

师生共同讨论,得出布朗运动的本质原因:液体分子永不停息地做无规则运动,悬浮微粒受到周围液体分子的撞击作用,颗粒足够小时,撞击作用的不平衡性明显,引起了颗粒的无规则运动.因此布朗运动间接反映了液体分子的无规则运动.

探究 4:这种运动与哪些因素有关?

实验 4:通过显微镜观察,不同温度下的颜料溶液,有什么实验现象.继续观察同一温度下,不同颗粒的运动情况.

实验现象:温度越高,运动越剧烈;颗粒越小,运动越剧烈.

学生尝试分析原因:颗粒小,瞬间与微粒撞击的分子数越少,撞击作用的不平衡性越明显,布朗运动越明显.温度高,液体分子运动越激烈,对布朗微粒撞击频率和强度越高,布朗运动越明显.

思考:由布朗运动的原因拓展开去,在液体中可以观察到布朗运动,在固体或者气体能否观察到布朗运动?

布朗运动不仅能在液体中发生,在气体中也能发生,在固体中不能发生!

3.3 物理学史回顾布朗运动的研究历程

(1)1827年,英国植物学家布朗(图 12)观察到悬浮在水中的花粉微粒在做无规则运动.



图 12 布朗

(2)1905年,爱因斯坦(图 13)发表论文《热分子运动论所要求的静液体中悬浮粒子的运动》,从能量均分定理出发,得出了布朗运动的完整理论.



图 13 爱因斯坦

(3)1908年,佩兰(图 14) 和斯维德伯格(图 15)完成了布朗运动的定量实验,从布朗运动实验现象的发现,到布朗运动严格的理论论证和实验上的验证,历时近 100 年.



图 14 佩兰



图 15 斯维德伯格

扩散现象和布朗运动都表明:温度越高,分子的无规则运动越激烈.我们把分子永不停息的无规则运动称为分子的热运动.

拓展思考:能否设计一个实验,观察到气体中的布朗运动,并设计具体方案.(利用光的衍射,观察气体中的布朗运动)

通过人类认识事物的特点,由表及里、深入浅出地通过 4 个实验全面深刻地了解布朗运动.放弃以往用动画演示布朗运动的无规则性,直接用物理追踪软件追踪轨迹,直接实事求是,用实证支持观点,体现物理的科学态度.在教学中也将核心素养的教育渗透其中,达到润物无声的效果.