

物理实验



用数码显微镜观察布朗运动*

唐素珍

(石狮市第一中学 福建 泉州 362700)

(收稿日期:2019-12-19)

摘要:“布朗运动”实验是高中阶段的重点实验,布朗运动在间接说明分子的无规则运动时所起的作用是其他实验不可替代的.笔者结合教材,对教材中的实验进行了一系列的改进,取得了不错的效果.

关键词:数码显微镜 布朗运动 Tracker 软件

1 发现问题

“布朗运动”实验是高中阶段的重点实验,实验要求通过对布朗运动进行观察、记录,同时分析布朗运动的原因,得出结论:布朗运动不是分子运动,但它又间接反映液体分子无规则运动.这部分内容是“分子动理论”的重要组成部分,在整个高中《物理·选修3-3》知识体系中占据着重要的地位,是整个热学的基础.因此让学生观察到布朗运动的现象就显得尤为重要.教材在这部分利用的是如图1所示的普通光学显微镜观察布朗运动.实际教学中如果用光学显微镜对布朗运动进行观察,不但操作复杂而且学生不能同时观察,教师也不能实时分析讲解.

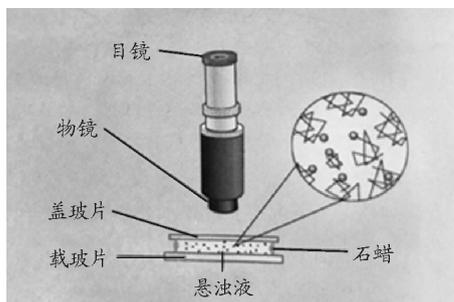


图1 普通光学显微镜下的布朗运动

为解决上述问题,笔者对这个实验做了一些改进.

2 改进后的实验

2.1 实验器材

碳素墨水,纯净水,数码显微镜,Tracker 软件.

2.2 实验过程

(1) 悬浊液的制备

用胶头滴管往 50 mL 的纯净水中滴入一滴碳素墨水,用玻璃棒搅拌均匀.

(2) 载玻片的选择与制作

1) 载玻片的选择:载玻片选择生物实验室的血细胞计数板(因为血细胞计数板上刻有格子,可以作为小颗粒的运动对照,这样小颗粒的运动看得更明显).

2) 载玻片的制作:用胶头滴管吸取一滴悬浊液滴在载玻片的凹槽内,盖上盖玻片(注意不要留有气泡).

(3) 实验装置的使用

将制作好的载玻片置于数码显微镜的载物台上,将数码显微镜与电脑连接,并打开电脑软件的数

* 福建省教育科学“十二五”规划常规课题“信息技术与教学深度融合背景下高中物理实验有效教学的案例研究”,项目编号:FJJKXB19-

据采集窗口(DC6000X中的 ScopeImage 9.0),放大到全屏,显微镜选用放大400倍效果较好.这样就可以让全体学生共同观察到小颗粒在不停地运动了.

(4) 对布朗运动研究对象的分析

实验时视野中可以观察到黑色固体小颗粒在不停地做无规则的运动.显微镜下观察到的黑色小颗粒的尺寸大约是 $1\text{ }\mu\text{m}$,我们选择显微镜的放大倍数为400倍,由此就可以估算出运动着的固体小颗粒的大小约为 10^{-6} m 的数量级,对比分子的数量级为 10^{-10} m ,所以我们看到的黑色小颗粒的运动不是水分子的运动,也不是固体分子的运动;而是悬浮在水中的小碳粒的运动.

(5) 利用 Tracker 软件追踪几个不同的小碳粒的运动情况

利用 Tracker 软件可以追踪到经多个相同时间间隔颗粒所在的位置.用软件打开一个布朗运动的视频,建立坐标轴和定标杆,创建一个颗粒作为追踪对象,选择自动追踪,确定要追踪的对象,将图像放大,逐帧追踪,这样就可确定经相同时间间隔颗粒所在的位置.选择画图,确定横纵坐标分别为 x 和 y ,这样就可以在软件中画出追踪对象在不同时刻的位置图,如图2所示.将这些位置连线,可以发现连线毫无规则.根据连线的无规则性,我们可以推知布朗颗粒在做无规则的运动.

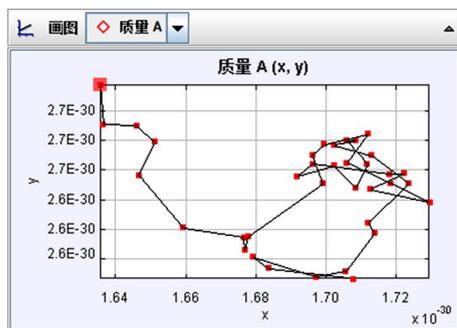


图2 小碳粒A的不同时刻的位置图

为了证明实验结果并不是偶然的,我们可以多追踪几个颗粒.图2、图3、图4为随机追踪3个颗粒的位置图.从中我们可以发现:每个粒子的位置连线都没有规律,是无规则的.因此固体颗粒在不停地做

无规则的运动.实验结论:布朗运动是悬浮在液体中的固体颗粒的无规则运动.

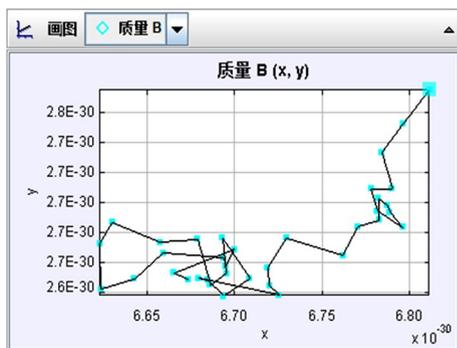


图3 小碳粒B的不同时刻的位置图

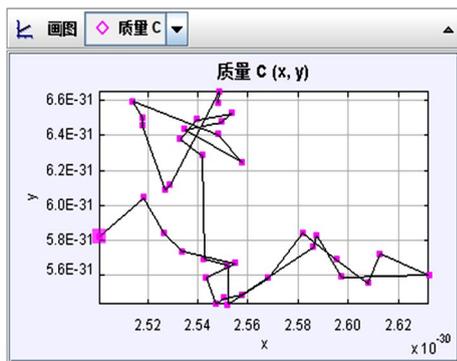


图4 小碳粒C的不同时刻的位置图

(6) 解释布朗运动产生的原因

固体颗粒也是宏观世界中的物体,要找到物体运动状态改变的原因,我们首先要对物体进行受力分析.可知:水分子对固体颗粒的撞击是固体颗粒运动状态变化的原因.固体颗粒做无规则运动说明水分子对固体颗粒的撞击无规则,通过观测与逻辑推理,得出水分子做无规则的运动.

(7) 观察布朗运动发现小颗粒的布朗运动要比大颗粒的运动明显,解释原理

悬浮在液体中的固体小颗粒不断地受到液体分子的撞击,固体小颗粒越小,在某一瞬间跟它相撞的液体分子数越少,撞击作用的不平衡性就表现得越明显.如果悬浮在液体中的固体小颗粒很大,在某一瞬间跟它相撞的液体分子数很多,各个方向的撞击作用接近平衡,这时就很难观察到布朗运动了.

(8) 实验:温度越高,布朗运动越剧烈

利用数码显微镜的录像功能,现场录制10s左

右的常温下布朗运动现象,在屏幕左边播放,同时在屏幕右边打开数据采集窗口.用酒精灯对悬浊液进行加热,对比观察加热前后布朗运动剧烈程度的变化.

综合以上的分析,可见布朗运动不是固体分子的运动,也不是液体分子的运动,而是悬浮在液体中的固体小颗粒的运动,它的无规则运动反映了液体分子的无规则运动.而且温度越高布朗运动越剧烈.悬浮颗粒越小,布朗运动越明显.

3 实验效果评价

(1) 实验时将数码显微镜连接电脑并投影,全班学生可以很清楚地观察到实验现象,这就使得实验由学生单个观察转换为学生在课堂上实时共同观察,并且使得课堂上教师进行实时分析讲解成为可能,这不仅使实验更加直观化、普及化,而且极大地激发了学生的学习兴趣,提高了课堂效率,增强了课

(上接第 59 页)

运用戴维南定理简化分析动态电路,能够快速获得解析解,电路结构简单明了.新课程教学实践中牵引学生借由理论分析到数值模拟,能很好地帮助学生构建可视化的“物理情景”^[8],让繁多多变的电路参数和临界结点在学生脑中活络起来,深化对问题的洞察能力.

参考文献

- 1 姚春贤.戴维南定理及“使用条件”在最大功率传输问题中的应用[J].物理教学,2019(01):6~8,42
- 2 李璟.戴维南定理和诺顿定理在高中物理电学中的妙用[J].物理教学,2017(09):13~15

堂教学效果.

(2) 对布朗运动的研究对象的分析,让学生突破难点,认识到:布朗运动不是固体分子的运动,也不是液体分子的运动,而是固体小碳粒的运动,它间接反映液体分子无规则运动的特点.

(3) 利用 Tracker 软件追踪小碳粒的运动情况,可以很直观地说明小碳粒在做无规则的运动.

通过实验改进,使学生能更容易理解布朗运动及其产生原因,有助于学生建立正确的物质观,同时在教学过程中也关注了学生科学思维和科学探究能力的培养.

参考文献

- 1 赵云.利用时代性课程资源优化高中物理教学的探索与实践[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2007
- 2 陈海,李龙贵,侯刚.布朗运动的实验改进[J].实验教学与仪器,2005(12):18
- 3 郑维民,苏成仁.线性电路中基尔霍夫定理与戴维南诺顿定理的等效性研究[J].大学物理实验,2016(05):22~25
- 4 李岷钊.基于 Simulink 跟踪微分器的仿真分析[J].集成电路应用,2019(08):100~101
- 5 李献,骆志伟,于晋臣.MATLAB/Simulink 系统仿真[M].北京:清华大学出版社,2017
- 6 邢为民.分压式电路中滑动变阻器选择的定量分析[J].中学物理(高中版),2017,35(6):30
- 7 王坤.一个推论解决电路的动态分析问题[J].中学物理(高中版),2012,30(10):80
- 8 张文文.基于问题情景的高中物理教学改革探究[J].理化生教学与研究,2019,05(33):169

