

利用 Tracker 软件分析单摆测定重力加速度

吴宏伟

(西北师范大学教育学院 甘肃 兰州 730070)

(收稿日期:2016-06-16)

摘要: Tracker 软件是一种广泛使用的视频分析软件,通过分析物理实验视频,追踪研究对象的运动轨迹,以简洁、高效的数据分析手段揭示物理现象背后所隐藏的物理规律. 利用 Tracker 软件分析了单摆测定重力加速度的实验视频,通过自动追踪摆球运动的轨迹,精确测得了单摆运动的周期和重力加速度.

关键词: Tracker 软件 重力加速度 视频

1 引言

用单摆测定重力加速度常用的实验方法是使用秒表测定单摆运动的周期,虽然这种方法简单方便,但是在实际教学过程中存在的问题主要是:反应时间使得单摆的周期测量不精确,从而导致重力加速度的测定存在较大误差;实验所选器材远离学生的现实生活,不能反复呈现实验现象等. 若实验时利用 Tracker 软件的自动追踪功能,就能有效地跟踪摆球的运动轨迹,同步描绘摆球运动的位移-时间图像,精确测量摆球运动的周期,从而测定精确的重力加速度.

2 利用 Tracker 软件分析单摆测定重力加速度

2.1 用数码相机拍摄摆球运动的视频

本实验用到的器材主要有铁架台、细线、摆球、数码相机、游标卡尺及刻度尺等. 实验装置如图 1 所示. 用手拉开摆球(摆角小于 5°) 使小球在竖直平面内摆动,同时用数码相机拍摄摆球运动的过程.



图 1 单摆测定重力加速度实验装置

2.2 利用 Tracker 软件分析摆球运动的视频

打开 Tracker 软件,选择主菜单的“视频 — 导

入”按钮,将视频加载,通过“视频剪辑设定”对视频研究的起始帧进行设定^[1,2],为了便于计算摆球的周期,将摆球处于位移最大处时作为起始帧,并按下列基本步骤进行分析.

(1) 设定参考坐标:选择“轨迹 — 坐标轴”建立直角坐标系,为了便于分析,该直角坐标系的坐标原点设置在摆球的平衡位置处,纵轴与摆球重心方向一致,如图 2 所示.

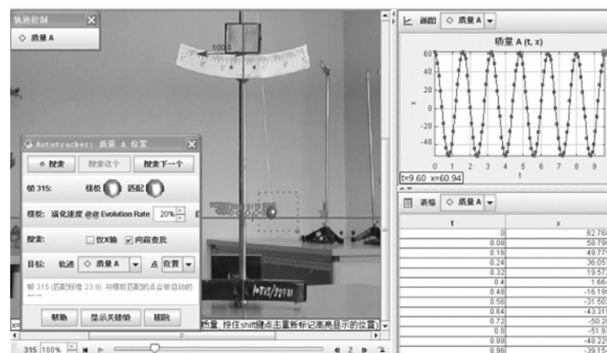


图 2 视频分析界面

(2) 进行参考尺寸的定标:选择定标工具对长度定标,以场景中预先测量好的长度作为参考尺寸进行定标,从而使软件能够计算出视频中研究对象在运动过程中的实际位移^[3].

(3) 选择研究对象:本实验的研究对象是摆球,选择“轨迹 — 新建 — 质点”按钮,创建质点“Mass A”代表摆球.

(4) 进行轨迹控制:按住 Shift + Ctrl 出现 1 个圆圈,通过这个圆圈标示出本实验选择的研究对象——摆球,在后面的视频中软件可以自动追踪摆球的运动变化过程.

(5) 显示图像:依据获取的位移和时间坐标,Tracker 软件可以绘制出摆球位移随时间的变化曲

线,如图3所示.

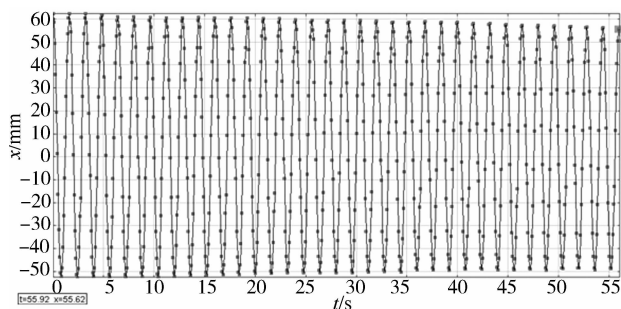


图3 摆球运动的 $x-t$ 图像

2.3 实验结果及讨论

从描绘摆球运动的 $x-t$ 图像中找35个周期所用时间为55.92 s,求出单摆的平均周期 $T = 1.5978$ s. 测得小球直径 d ,摆长 l ,实验数据如表1所示.

表1 实验数据

测量量	1	2	3	平均
d/cm	2.200	2.200	2.200	2.200
l/cm	62.54	62.44	62.59	62.52

根据

$$g = \frac{4\pi \left(l + \frac{d}{2} \right)}{T^2} \quad (1)$$

代入数据,求得当地的重力加速度

$$g = 9.8380 \text{ m/s}^2$$

根据1930年国际重力公式,地球上在海拔高度为 H (单位:km),纬度为 φ (单位:弧度)处的重力加速度 g 可以使用下列公式计算近似得出,即

$$g = 978.049 \times (1 + 0.005288 \sin^2 \varphi - 0.000006 \sin^2 2\varphi - 0.0003086H) \text{ cm/s}^2 \quad (2)$$

实验室所处的海拔高度为1601 m,纬度为 $N36^\circ 05' 51''$,将数据代入式(2)计算得到实验室重力

加速度的理论值为 $g = 9.7935 \text{ m/s}^2$. 实验值与理论值的偏差为0.45%. 实验室所在地区重力加速度的参考值为 $g = 9.7926 \text{ m/s}^2$,测量结果比参考值相差0.46%.

2.4 误差分析

(1) 测量摆线长度时实验仪器本身存在系统误差及操作过程中存在偶然误差.

(2) 实验过程中不能保证小球始终在同一个竖直平面内摆动,很容易形成圆锥摆.

(3) 摆球运动过程中受到空气阻力,振幅衰减,本质是阻尼振动,可近似看成是简谐振动.

如果将上面的因素考虑进去,实验结果的精度会进一步提高.

3 结束语

通过以上研究,Tracker软件可以实现现象呈现与收集数据的同步,精确记录摆球运动的轨迹,直接对摆球运动的位移进行数据采样,该方法方便、快捷、直观、高效,测定结果误差很小,减小了以往实验方法中存在的较大的测量误差. Tracker软件的应用增加了研究物理现象和物理规律的方法,有利于教师开展课堂实验教学,也有助于学生在课外进行自主的科学探究,具有很高的推广价值.

参考文献

- 1 丁晓彬,董晨钟. 基于2D开源视频分析和建模软件Tracker研究抛体运动实验. 大学物理,2012,31(7): 34~36
- 2 吴肖,朱道云,胡峰,等. 利用视频分析软件Tracker研究皮球的弹跳. 物理实验,2013,33(7):40~42
- 3 吴志山. 让真实定量、定格——Tracker软件在物理学中的应用. 物理教师,2012,33(7):52~54

Analysis on Pendulum Measuring Gravitational Acceleration Using the Tracker Software

Wu Hongwei

(College of Education, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract: Tracker, a kind of software that is widely used to analyze video, by which to analyze physical experimental video, trace the running track of the study object to discover the physical regularity that hind behind the physical phenomenon with brief and efficient data analyze approach. The paper analyzes experiment video of pendulum measuring Gravitational acceleration through Tracker software, by automatically tracing the track of pendulum ball movement, accurately measured the period and Gravitational acceleration of pendulum ball movement.

Key words: Tracker software; gravitational acceleration; video