

一步之差 天壤之别

——从估测到精准测量

邓 军

(南京市南师附中新城初级中学 江苏 南京 210019)

(收稿日期:2020-10-13)

摘要:初中阶段由于实验方法和器材的局限性,很多测量实验都只要求估测,所以测量误差较大,那如何做到精准测量呢?笔者从测量方法的改进、器材的选择、误差的分析等方面对3个实验进行了小小的改进,获得了意想不到的效果.

关键词:精准 方法改进 器材选择 误差分析

1 精准测量薯片的热值只差一种思维

对于热值,课标中只要求学生从能量转化的角度认识燃料的热值,教材中也只是对比了质量不同的不同燃料完全燃烧放出的热量,学生对燃料的热值缺少直观的认识,所以笔者安排了学生进行薯片热值的测量.但是在加热过程中无论如何设计实验,总不可避免地存在热量的散失,所以学生认为不可能测量出薯片真正热值,那如何实现从不可能到可能的转变呢?笔者设计了以下实验方案.

1.1 实验用品

薯片4片(约8g),与薯片质量相同的酒精,水(50g),燃烧皿2个,铁架台2个,石棉网2个,烧杯2只,温度计2只,镊子,酒精灯.

1.2 实验过程

(1)称取等质量的酒精和薯片(约8g),如图1所示.



图1 量取酒精和薯片

(2)记下两杯水的初温,然后点燃燃烧皿中的酒精,如图2所示,等酒精燃烧完后测量杯中水的末温;同时用镊子夹取一片薯片在酒精灯火焰上引燃后,再放在燃烧皿上方适当调整火焰高度加热烧杯

中的水,如图3所示,等4片薯片燃烧完再测量杯中水的末温.



图2 点燃酒精加热烧杯中的水



图3 引燃薯片后加热烧杯中的水

1.3 实验数据

用酒精和薯片分别实验的实验数据如表1所示.

表1 用薯片和酒精进行实验的数据对比

物质	质量 / g	加热前水温 / °C	燃尽后的水温 / °C	水温的变化 / °C	水吸收的热量 / J
薯片	8	25	65	40	8 400
酒精	8	25	80	55	11 550

1.4 数据处理

问1:如何计算薯片的热值.

水吸收的热量

$$Q_{\text{吸}} = cm\Delta t = 4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 0.05 \text{ kg} \times 40 \text{ }^\circ\text{C} = 8400 \text{ J}$$

薯片放出的热量 $Q_{\text{放}} = Q_{\text{吸}}$, 所以薯片的热值

$$q = \frac{Q_{\text{放}}}{m_{\text{薯片}}} = \frac{8400 \text{ J}}{8 \text{ g}} = 1050 \text{ J/g}$$

问2: 计算出的薯片热值与标示的热值为何相差这么大?

根据标签上的数据(图4), 算出薯片的真实热值 $q = \frac{2144000 \text{ J}}{100 \text{ g}} = 21440 \text{ J/g}$, 发现测量值与真实值相差接近20倍, 对此学生能够分析出造成差距的主要原因有热量损失和燃烧不完全等因素. 而这个实验装置是不可能没有热量损失的, 所以在学生心中认为利用现有装置是不可能测出接近真实的薯片热值的!

项目	每100g	NRV%
能量	2144kJ	26%
蛋白质	4.6g	8%
脂肪	32.0g	53%
一反式脂肪	0g	
碳水化合物	50.0g	17%
钠	625mg	31%

图4 薯片标签上的数据

问3: 利用此装置可以测出接近真实的热值, 请思考如何测量.

以下是引导过程:

思考1: 本次实验中用酒精加热的效率是多少? ($q_{\text{酒精}} = 30000 \text{ J/g}$)

水吸收的热量

$$Q_{\text{吸}} = cm\Delta t = 4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 0.05 \text{ kg} \times 55 \text{ }^\circ\text{C} = 11550 \text{ J}$$

酒精完全燃烧放出的热量

$$Q_{\text{放}} = m_{\text{酒}} q_{\text{酒}} = 8 \text{ g} \times 30000 \text{ J/g} = 240000 \text{ J}$$

$$\eta_{\text{酒精}} = \frac{Q_{\text{吸}}}{Q_{\text{放}}} = \frac{11550 \text{ J}}{240000 \text{ J}} = 4.8\%$$

思考2: 本次实验中用薯片加热的效率是多少?

通过这一次的追问, 引导学生从等效的角度定量测算出真实的热值, 因为它们的加热方式相近, 所以薯片的热效率和酒精的相同($\eta_{\text{薯片}} = \eta_{\text{酒精}}$).

薯片加热中水吸热为

$$Q_{\text{吸}} = cm\Delta t = 4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 0.05 \text{ kg} \times 32 \text{ }^\circ\text{C} = 8400 \text{ J}$$

薯片完全燃烧放出的热量

$$Q_{\text{放}} = \frac{Q_{\text{吸}}}{\eta_{\text{薯片}}} = \frac{8400 \text{ J}}{4.8\%} = 175000 \text{ J}$$

薯片的热值

$$q_{\text{薯片}} = \frac{Q_{\text{放}}}{m_{\text{薯片}}} = \frac{175000 \text{ J}}{8 \text{ g}} = 21875 \text{ J/g}$$

与标签上算出薯片的热值 21440 J/g 进行对比, 已经是非常接近了.

亚里士多德说过: “思维自惊奇和疑问开始.” 所以有效地让学生对物理问题产生疑问和惊奇能激发学生的思维. 在测量薯片的热值时, 学生理所当然地认为不可能测量出真实热值时, 教师直接告诉学生利用这套装置是可以测量出真实热值的, 给学生以认知上的冲突, 引发学生的求知欲, 激发学生的思维, 思考出通过转化与等效的方法测算出热值, 变不可能到可能, 所以改变我们的思维, 尝试利用新方法会有意想不到的效果.

2 精确测量声速只差一种计时器

初中阶段学生估测声速容易, 但是精准测量却不易. 简单的估测方法就是利用学校百米跑道, 学生甲在起点发枪, 学生乙在终点看到冒烟即按下秒表计时, 听到枪声再按一次秒表, 这样估测出声音通过百米所用的时间, 从而可以估算出声音在空气中的传播速度. 因为是人工按表, 所以时间测量误差较大, 如果要精确测量声速, 就不能人工计时, 而利用手机 APP 计时就是个好方法.

实验准备: 智能手机 2 部, 卷尺, 声源(手掌声或物体撞击地面的声音), 一块长 $5 \sim 10 \text{ m}$ 的平整空旷地面

实验步骤:

(1) 在两部手机中都下载“手机物理工坊”(phyphox 中文版) 的 APP, 打开其中“声学秒表”(此功能可以提供手机话筒接收到的前后两次声音的时间间隔).

(2) 如图5所示, 将声源1、手机1、手机2、声源2 置于一条直线上.

1) 声源1发声, 第一列声波向右传, 先到达手机1, 手机1开始计时;

2) 经过 Δt 时间间隔, 声波向右到达手机2, 手机2开始计时;

3) 经过 Δt_1 时间间隔, 声波向右到达声源2;

4) 再经过 Δt_2 时间间隔, 声源2发声, 第二列

声波向左传；

5) 经过 Δt_1 时间间隔, 声波向左先到达手机 2, 手机 2 停止计时(此时手机 2 计时为 t_2);

6) 经过 Δt 时间间隔, 声波向左到达手机 1, 手机 1 停止计时(此时手机 1 计时为 t_1).

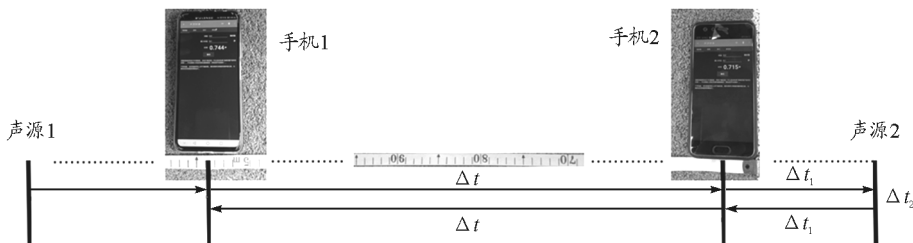


图5 利用手机计时原理示意图

(3) 手机 1 计时

$$t_1 = \Delta t + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_1 + \Delta t = 2\Delta t + 2\Delta t_1 + \Delta t_2$$

手机 2 计时

$$t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_1 = 2\Delta t_1 + \Delta t_2$$

两手机计时之差

$$t_1 - t_2 = 2\Delta t$$

(4) 测量两部手机间的距离为 s .

(5) 声速 $v = \frac{s}{\Delta t}$.

实验数据: 以下测量了 3 组数据, 如图 6 所示,

手机间距为 5 m, 时间间隔都为 0.29 s, 则

$$\Delta t = \frac{0.029 \text{ s}}{2} = 0.0145 \text{ s}$$

由此求得声速

$$v = \frac{s}{\Delta t} = \frac{5 \text{ m}}{0.0145 \text{ s}} = 344.83 \text{ m/s}$$

(测量时的气温在 22 °C, 对比官方数据, 误差只有 0.087%, 测量结果可谓非常精准)

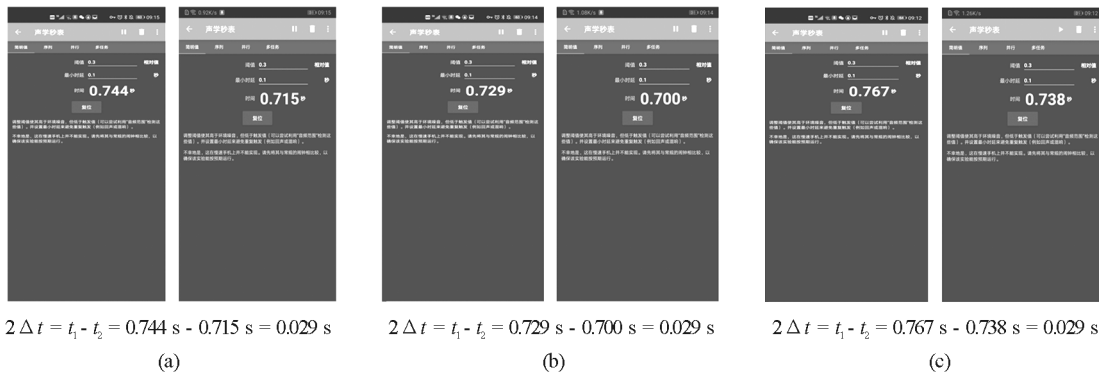


图6 利用手机进行实验得到的相关

选择精密仪器是减小实验误差的途径, 而把智能手机引入物理实验, 突破了传统实验的限制, 给了学生更大的自主学习空间, 激发学生的积极性, 开拓了学生的思维, 促进了学生创新能力的培养!

3 精准测量平面镜成像时物距和像距只差一种分析

实验“探究平面镜成像特点”中, 在测量像距与物距时是这样操作的, 如图 7 所示, 将一块透明玻璃板竖直地放在铺有白纸的水平桌面上, 在玻璃板前放一个棋子 A, 将另一个相同的棋子 B 放在玻璃板后慢慢移动, 人在 A 这一侧观察, 直到观察到棋子 B 与棋子 A 的像完全重合, 那么棋子 B 的位置就可以

认为是棋子 A 的像的位置, 测量出此时像到玻璃板反射面的距离 v 和棋子 A 到玻璃板反射面的距离 u , 得到 v 和 u 大小相等, 从而得出像与物到镜面的距离相等. 但是实际操作中, 我们发现 v 和 u 不相等, 而且总是像距大于物距, 这是系统误差还是偶然误差呢?

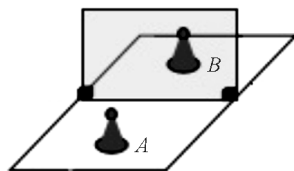


图7 探究平面镜成像特点实验示意图

为了弄清楚像距大于物距的原因, 需要先解决这个问题: 实验中应该选择玻璃板的哪个面作为反

射面?

笔者用一块厚度为1 cm的玻璃板做实验,如图8所示是实验中拍得的照片,可以清晰地看到在玻璃板后出现前一后两个像。

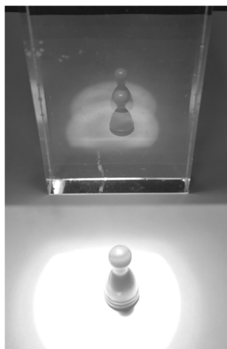


图8 用1 cm厚玻璃板做实验的现象

如图9所示,前一个像 A_1 ,它是由棋子A出射的光在玻璃板的前一个面发生反射形成的。

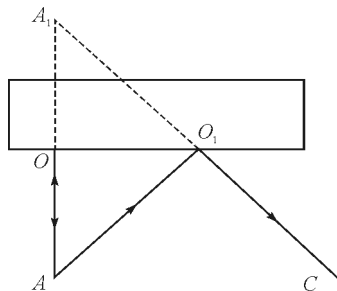


图9 前一个像的成像原理

如图10所示,后一个像 A_2 ,它是由棋子A出射的光在玻璃板的前一个面从空气折射进入玻璃,在玻璃板的后一个面发生反射,再从玻璃折射回空气形成的。点 A_3 是棋子A相对于玻璃板的后一个面的对称点,从图中可以看出,像距 A_2O_4 是小于物距 AO_4 的,所以在实验中,不能选择玻璃板的后一个面作为反射面,而只能选择前一个面作为反射面,因此棋子B一定要和前面的那个像重合来确定像的位置。

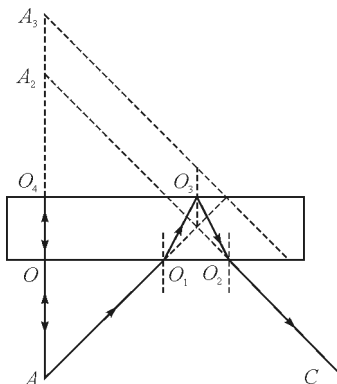


图10 后一个像的成像原理

在图9中,像距 A_1O 应该等于物距 AO ,但是在用棋子B确定A的像位置后测得的像距 v 却大于物距 u ,看来原因只有一个,那就是棋子B的位置并不是棋子A的像的真正位置,那棋子B真正的位置在哪儿呢?

如图11所示,实验中人眼在看到棋子A的像(A_1)的同时又透过玻璃板观察到棋子B,在看到棋子B与棋子A的像重合时,我们看到的棋子B是它出射的光从空气到玻璃再射入空气发生两次折射形成的虚像(B_1),所以我们看到的其实是棋子B的像(B_1)与棋子A的像(A_1)的重合,从图中可以看出真正的像距应该是 A_1O ,而我们却把 BO 当成了像距,所以我们测量出来的结果是 v 大于 u 。如图12所示,如果玻璃板薄些,要让 B_1 与 A_1 重合,那么棋子B移动到 B_2 就可以了,此时 B_2O 更接近 AO ,所以为了减小实验误差,在选择玻璃板时要越薄越好。

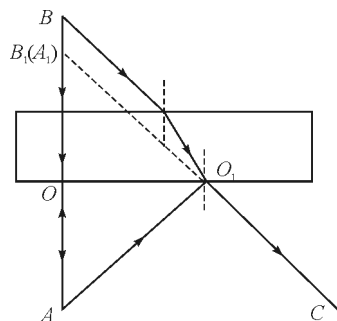


图11 棋子B的真正位置

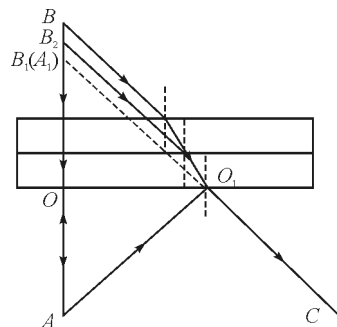


图12 玻璃板变薄后的图示

通过分析误差形成的原因,可以看出这属于系统误差,如果选择厚的玻璃板,再怎么多次测量,再怎么改变测量方法都是没用的,所以要精准测量,必须认真分析原因,再去精选器材,才能获得好的效果!

小改变,大作用,只有改变思维方式,改变才真的发生;在信息发展迅速的今天,智能手机不是洪水猛兽,而是诺亚方舟;只有真正清楚误差产生的原因,修正实验过程的不足,才能使测量结果精准化!