

# 双光电门研究匀变速直线运动实验系统误差浅析

林孝品

(温州市第二外国语学校 浙江 温州 325015)

(收稿日期:2015-12-29)

**摘要:**高中物理运动光电门研究匀变速直线运动实验是越来越常见,这类实验一直是把遮光片过光电门的这一小段运动近似为匀速运动,所以必然存在系统误差.但是教学中学生更多是困惑于系统误差产生的真正原因,本文就这系统误差的产生原因进行粗浅的分析.

**关键词:**高中物理实验 光电门 系统误差

虽然大部分学校仍然是用打点计时器研究匀变速直线运动实验,但是在习题中尤其是高三实验复习中经常会遇到涉及光电门研究匀变速直线运动的实验,题中偶尔也会问及实验的系统误差问题.学生在这方面产生很大困惑.教材中处理办法是将遮光片过光电门的这一段视为匀速直线运动,因而求出来的是这段运动的平均速度.学生对匀变速运动中的平均速度就是中间时刻速度非常深刻,一部分学生想当然地认为两次测的都是中间时刻速度,相当于两次都是测遮光板同一位置速度,因此不存在系统误差.学生在这里误认为中间时刻速度所在位置是不变的,而实际上中间时刻速度所在的位置会

随着速度的变化而变化,因此光电门实验中因为把遮光片过光电门的这一段运动近似处理成匀速运动必然会在系统误差,本文将就这一问题提出初浅的观点.

## 1 中间时刻速度位置的变化

首先,我们得先研究一下匀变速直线运动中的中间时刻速度所在位置到底是变还是不变.如图1所示, $v_1, v_2$ 分别为这段匀加速运动的初、末速度, $x_1, x_2$ 分别为前一半时间和后一半时间内的位移,中间时刻速度应为  $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$ .

(2) 将做好的竖直坐标固定在水平木板上,用透明胶带把三通管固定在坐标上,注意使三通管的横管部分保持水平.

(3) 将水龙头固定在木板的一端(与水平横管处于同一高度),将水平横管的一端与水龙头相接(用泡沫塑料、胶枪、水胶布做密闭性处理).

(4) 在食用油空桶上与横管等高处开个小洞,用塑料圆形接口和胶枪将水平横管的另一端相接,最后将空桶用胶枪固定在水平木板上,此过程注意使横管保持水平.

## 4 实验步骤

(1) 缓慢打开水龙头,使通过水管的水流速度逐渐增大,观察到液柱的高度慢慢下降.此现象说明液体的流速越大,压强越小.

(2) 缓慢关上水龙头,使通过水管的水流速度逐渐减小,观察到液柱的高度慢慢上升.此现象说明

液体的流速越小,压强越大.

## 5 创新与特色

(1) 本实验的器材均能在生活中容易地获得,成本低廉、易于推广.正如朱正元教授提倡的“坛坛罐罐当仪器,拼拼凑凑做实验”,这样可以让学生体会到物理就在我们身边.

(2) 与图1实验相比较,此装置通过水龙头改变水的流速,比原实验分析粗、细管的水流速度大小更简单明了,学生更容易理解.此外,水的流速能随意调节,流速变化时,液柱高度变化十分明显,具有动感,更能引起学生的注意、兴趣与思考.

## 参考文献

- 1 李科敏,等. 流体压强与流速关系的教学设计. 物理通报, 2015 (3): 58 ~ 61
- 2 邵邦武. 演示流体压强与流速关系的实验装置. 物理实验, 2015, 35(1): 18 ~ 20

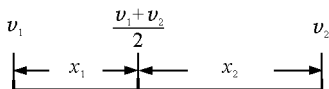


图1

设匀加速直线运动过程加速度为  $a$ , 则有

$$2ax_1 = \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)^2 - v_1^2 \quad (1)$$

$$2ax_2 = v_2^2 - \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)^2 \quad (2)$$

式(1)和式(2)两式相除则得

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{3v_1 + v_2}{3v_2 + v_1}$$

当位移  $x = x_1 + x_2$  与加速度确定时, 可以看出

初速度  $v_1$  越大时  $\frac{x_1}{x_2} = \frac{3v_1 + v_2}{3v_2 + v_1}$  的值越接近 1, 这意味

着中间时刻位置会随着初速度的变化而变化, 当初速度为零时有  $\frac{x_1}{x_2} = \frac{1}{3}$ , 随着初速度增大中间时刻位置会慢慢靠向中点。

## 2 已知两光电门间距离类的误差分析

如图 2 所示,  $A$  和  $B$  为两个光电门, 遮光片宽度为  $d$ , 两光电门间距为  $x_1$ , 滑块从经过第一个光电门的时间为  $t_1$ , 经过第二个光电门的时间为  $t_2$ 。

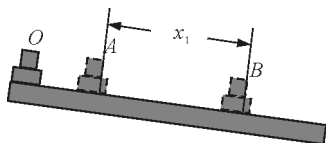


图2

则有公式可以算出加速度

$$a = \frac{\left(\frac{d}{t_2}\right)^2 - \left(\frac{d}{t_1}\right)^2}{2x_1}$$

但实际上  $v_2 = \frac{d}{t_2}$ ,  $v_1 = \frac{d}{t_1}$ , 都是指平均速度也就是遮光条过光电门过程中的中间时刻速度。如本文前面所述, 当遮光片经过  $A$  和  $B$  两个光电门时, 因为第二次经过光电门时的初速度变大, 所以第二次经过光电门的平均速度位置更靠近中点, 由图 3 可知, 当由  $v_1 = \frac{d}{t_1}$  加速到  $v_2 = \frac{d}{t_2}$ , 滑块的实际位移为  $x_2 > x_1$ , 所以真实加速度会比测量加速度小, 存在系统误差。

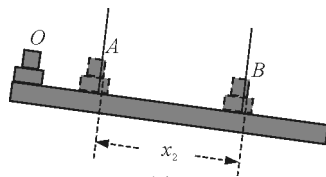


图3

## 3 已知两光电门间运动时间类误差分析

如图 4 所示,  $A$  和  $B$  为两个光电门, 遮光处宽度为  $d$ , 遮光条遇到  $A$  和  $B$  两光电门的时间差为  $t$ , 滑块从经过第一个光电门的时间为  $t_1$ , 经过第二个光电门的时间为  $t_2$ 。

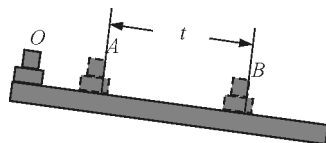


图4

则有公式可以算出加速度

$$a = \frac{\frac{d}{t_2} - \frac{d}{t_1}}{t}$$

但实际上都是指平均速度也就是遮光片过光电门过程中的中间时刻速度。

由图 5 可知, 当滑块从  $v_1 = \frac{d}{t_1}$  匀加速至  $v_2 = \frac{d}{t_2}$  实际时间并不是  $t$  而应该是  $T$  (指从第一次过光电门的中间时刻到第二次过光电门的中间时刻)。

$$T = \left(t - \frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2}\right) < t$$

由上式可知滑块的实际运动时间比测量时间要短, 由加速度公式可得出真实加速度要大于测量加速度, 存在系统误差。

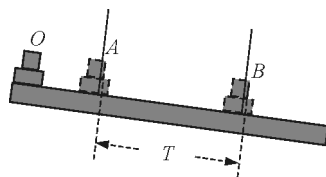


图5

总而言之, 在光电门类实验中教师应让学生明白平均速度所在位置并不是一成不变的, 这位置会随初速度的增大而有所改变, 因此光电门实验对遮光片过光电门时的小段运动近似处理成匀速运动必然会带来系统误差, 在已知两光电门之间位移时真实加速度要小于测量加速度。而在已知遮光片到达两光电门时的时间间隔时, 真实加速度要大于测量加速度, 并且这种情况下可以通过修正来算出实际时间间隔, 并消除系统误差。