

# 单摆力学参量转电磁参量的对比性研究

罗金华, 王昆林

(楚雄师范学院物理与电子科学学院, 云南 楚雄 675000)

**摘要:** 本文利用单摆具有周期性的特点, 将单摆的机械参量转化为相应的电磁参量, 通过单摆在水槽中的摆动改变两个回路中的阻值, 从而改变电量的方向, 这样就可以把单摆振动的力学参量转化为相应电磁参量, 用 DIS 数字化信息系统测量各电磁参量, 从而展开相应对比分析研究。

**关键词:** 机械振动参量, 电磁参量; DIS 数字化信息系统

**中图分类号:** O441 **文章标识码:** A **文章编号:** 1671 - 7406 (2014) 03 - 0024 - 04

在电路中, 若改变电路中电阻阻值的大小, 会使电路中电流的大小发生变化, 从理论上讲, 如果电路中电阻的阻值呈周期性变化, 那么电路中的电流也应该呈周期性变化。由于单摆的振动是简谐振动, 为了使实验更为简单明了, 采用单摆来代替滑线变阻器的滑片, 单摆摆动时电路中的电阻会发生周期性变化, 从而使电路中的电流也发生周期性变化。采用 DIS 数字化信息测量系统对各参量进行测量, 将力学机械振动参量与电磁学电磁参量进行牵连式对比研究。

## 1 原理及实验装置

实验原理电路如图 1 所示, 使用金属丝做单摆的摆线, 在金属摆球下端安装一根针, 在单摆下端放一个装有水的水槽, 单摆摆动时, 摆球下端的针在水中随摆球一起摆动, 针在水中运动时, 水对针的阻力很小, 可以忽略, 这样, 单摆和水槽就相当于一个电阻阻值周期性变化的滑线变阻器。

实验原理图如图 2 所示, 可以证明, 电流  $I_3$  是时间  $t$  的周期函数。为了简单起见, 忽略电源内阻, 因电位器只是起到调零作用, 可以取零。令:

$$R_{CP} = R_1, R_{PD} = R_2$$

$$R_1 + R_2 = R, \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$$

$$\text{对于节点 } H: I_1 = I_2 + I_3$$

$$\text{对于回路 } ABPHA: I_1 R_1 + I_3 R_C = \varepsilon$$

$$\text{对于回路 } HPEFH: I_2 R_2 - I_3 R_C = \varepsilon$$

由上述方程组可以解得;

$$I_3 = \frac{R_2 - R_1}{RR_C + R_1 R_2} \varepsilon$$

再令:

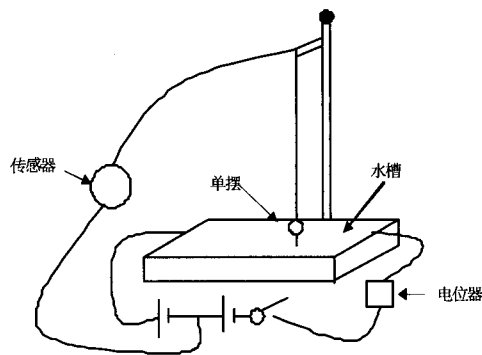


图 1 实验装置图

**基金项目:** 国家级特色物理学专业项目, 项目编号: 12467; 云南省大学生创新性实验设计项目。

**收稿日期:** 2014 - 00 - 00

**作者简介:** 罗金华 (1989—), 男, 云南楚雄人, 大学本科, 研究方向: 普通物理实验。

$$R_1 = \frac{R}{2} + R_x \quad R_2 = \frac{R}{2} - R_x$$

可以得到:

$$I_3 = - \frac{2R_x}{RR_c + \frac{R^2}{4} - R_x^2} \varepsilon \dots\dots\dots (1)$$

从(1)式可以看出,若滑片  $P$  在  $CD$  上做简谐振动,则:

$$R_x = \frac{R}{2} \cos \omega t \dots\dots\dots (2)$$

将(2)式代入(1)式得:

$$I_3 = \frac{4 \cos \omega t}{R \cos^2 \omega t - R - 4R_c} \varepsilon \dots\dots\dots (3)$$

由(3)式可以看出,电流  $I_3$  是关于时间  $t$  的周期函数,其周期为  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ,与滑片  $P$  的运动周期相同,因为  $I_3 = \frac{U_c}{R_c}$ ,所以通过  $R_c$  的电压  $U_c$  的周期与电流  $I_3$  的周期相同,测出通过  $R_c$  的电压  $U_c$  就可以电流  $I_3$ 。

对于单摆,可以证明其振动周期  $T$  满足下式:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \dots\dots\dots (4)$$

其中,  $L = l + \frac{d}{2}$ ,  $l$  为摆线金属丝的长度,  $d$  为小球的直径,  $g$  为当地重力加速度(本文取  $g = 9.8m/s^2$ )。

通过  $DIS$  数字化信息测量系统测量到电压  $U_c$ ,并使其数字化,图像化,从而可进行参量牵连比较性研究。

## 2 实验研究

### 2.1 水槽中无水时的实验研究

用一根长  $l = 74.50cm$  的金属丝,直径  $d = 1.00cm$  的摆球,水槽中不放入水,按照图 1 组装好后,拉开摆线,使摆线与竖直方向成  $5^\circ$  角,并使单摆振动起来,启动  $DIS$  系统,传感器检测到变量,数据采集器采集数据经计算机处理后,绘出图线,见图 3。

由图 3 可以看出,当水槽中无水时,通过  $R_c$  的电压恒为零,即通过  $R_c$  的电流恒为零,这是由于水槽中无水时,整个电路相当于断路,所以通过  $R_c$  的电流恒为零。

#### 2.1.1 水槽中无水时单摆的周期研究

用一根长  $l = 74.50cm$  的金属丝,直径  $d = 1.00cm$  的摆球,水槽中不放入水,按照图 1 组装好后,拉开摆线,使摆线与竖直方向成  $5^\circ$  角,并使单摆振动起来,用秒表测得单摆的振动周期  $T = 1.70s$ ,根据(4)式可以计算出理论值  $t_0 = 1.74s$ 。

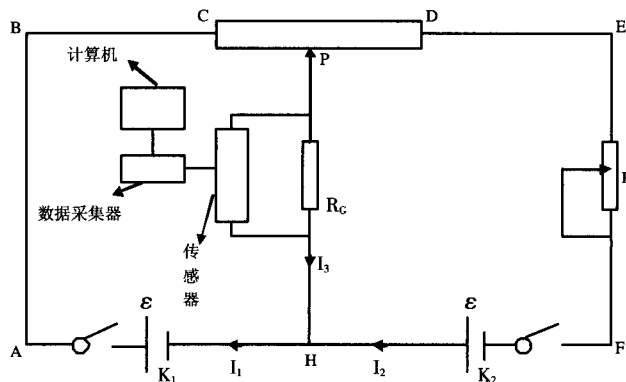


图 2 实验原理图

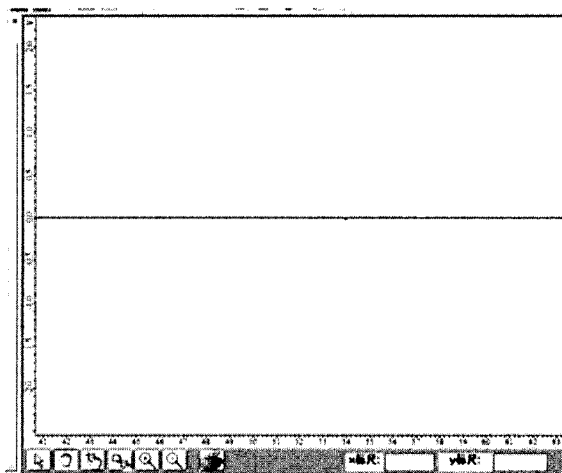


图 3 水槽中无水时的  $U - t$  图

两者相差  $\Delta T = T_0 - T = 0.04s$ , 两者相差很小, 可忽略。

### 2.2 水槽中有水时的实验研究

用一根长  $l = 74.50cm$  的金属丝, 直径  $d = 1.00cm$  的摆球, 水槽中放入一定的水, 按照图 1 组装好后, 拉开摆线, 使摆线与竖直方向成  $5^\circ$  角, 并使单摆振动起来, 启动 DIS 系统, 传感器检测到变量, 数据采集器采集数据经计算机处理后, 绘出图线, 见图 4。

由图 4 可知, 通过  $R_c$  的电压与时间  $t$  成余弦关系, 即, 通过  $R_c$  的电流也是与时间  $t$  成余弦关系, 和(3) 式是一一对应, 由此可知, 其单摆振动的机械振动参量与相应的电磁参量也是一一对应的。

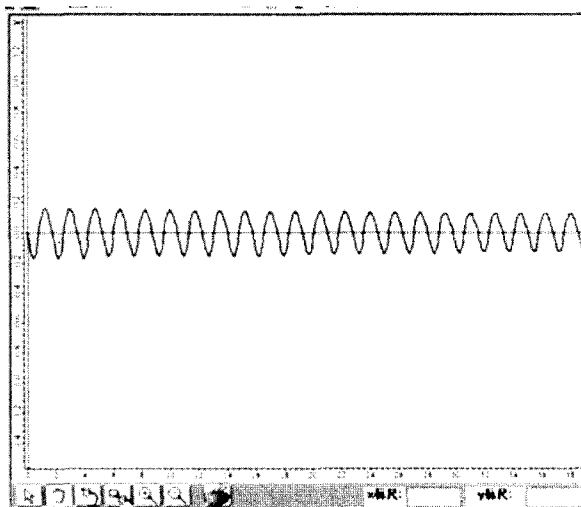


图 4 水槽中无水时的  $U - t$  图

#### 2.2.1 水槽中有水时单摆的周期研究

由图 4 可以读出, 当水槽中有水时, 单摆的振动周期  $T = 1.77s$ , 当水槽中无水时, 单摆的振动周期  $T = 1.70s$ 。

两者相差  $\Delta T = 0.07s$ , 说明水对针存在阻力, 但此力十分微弱, 可以忽略。

### 2.3 水槽中有水时单摆以不同角度振动时的实验研究

用一根长  $l = 74.50cm$  的金属丝, 直径  $d = 1.00cm$  的摆球, 水槽中放入一定的水, 按照图 1 组装好后, 拉开摆线, 使摆线分别与竖直方向成  $1.5^\circ$ 、 $3^\circ$  角, 并使单摆振动起来, 启动 DIS 系统, 传感器检测到变量, 数据采集器采集数据经计算机处理后, 绘出图线, 见图 5、图 6。

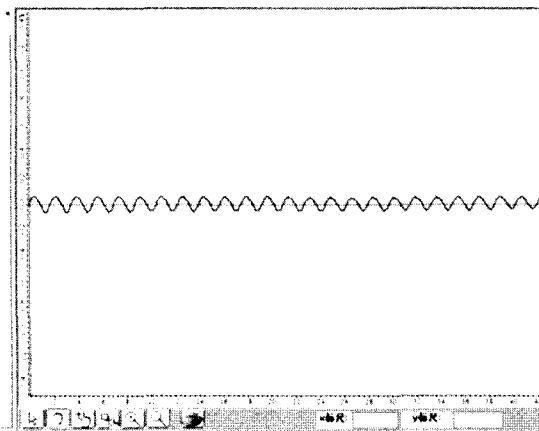


图 5 水槽中有水时单摆以  $1.5^\circ$  幅角振动的  $U-t$  图

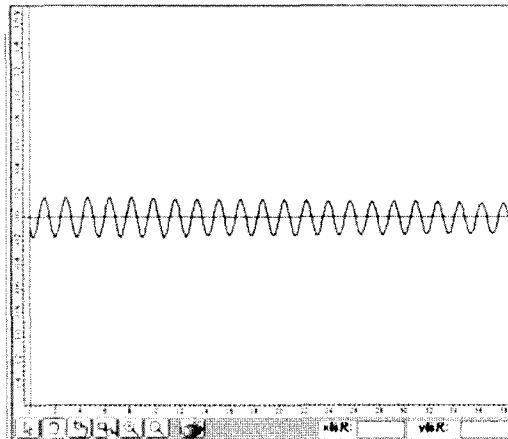


图 6 水槽中有水时单摆以  $3^\circ$  幅角振动的  $U-t$  图

由图 5、图 6 可知, 通过  $R_c$  的电压与时间  $t$  成余弦关系, 即通过  $R_c$  的电流也是与时间  $t$  成余弦关系, 和(3) 式是一一对应, 由此可知, 其单摆振动的机械振动参量与相应的电磁参量也是一一对应的。

#### 2.3.1 水槽中有水时单摆以不同角度振动时的周期研究

由图 5 可以读出, 当水槽中有水, 单摆以  $3^\circ$  幅角振动时的周期  $T = 1.76s$ , 由图 6 可以读出, 当水槽中有水, 单摆以  $3^\circ$  幅角振动时的周期  $T = 1.76s$ , 而, 由图 4 可以读出, 当水槽中有水时, 单摆的振动周期  $T = 1.77s$ 。

可以看出周期的大小与单摆振动时的幅角无关,与(4)式吻合。

### 2.3.2 水槽中有水时单摆以不同角度振动时的电压峰值的研究

由图4、图5、图6可以看出,通过 $R_c$ 的电压的峰值随振动幅角的增大而增大,即通过 $R_c$ 的电流的峰值随振动幅角的增大而增大。这是由于当单摆以不同幅角振动时,针划过水的范围不同,相当于滑线变阻器阻值的范围不同,影响了通过 $R_c$ 的电流的峰值,与(3)式吻合。

## 3 结束语

由上可见,将单摆做机械振动的各参量转换为电磁参量,用DIS系统进行测量,每一机械振动参量能与相应的电磁参量一一对应,将对机械振动的研究转为电磁振动的研究,参数的测定更加方便准确,分析研究起来更加方便准确,同样可将这一种转换为电磁参量的方法推广到其他物理量的测量上。

### 参考文献:

- [1] 漆安慎, 杜婵英. 普通物理力学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005. 6.
- [2] 梁灿彬, 秦光荣, 梁竹健. 普通物理电磁学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004. 5.
- [3] 樊伏云, 庞捷. 关于简谐振动的能量问题 [N]. 中州大学学报, 1994, (04).
- [4] 刘进京, 直流变交流的简易方法 [R]. 《教育实践与方法研究》, 2001, (08).
- [5] 赖俊池, 直流电变交流电演示模型的研究与制作 [A]. 第六届全国高等学校物理实验教学研究会论文集(下) [C]. 2010.

(责任编辑 司民真)

## A Comparative Study on Mechanical Parameters Converted to Electromagnetic Parameters of Single Pendulum

LUO Jinhua & WANG Kunlin

(Physics and Electronic Science Department, Chuxiong Normal University, Chuxiong, 675000, Yunnan Province)

**Abstract:** The simple pendulum is periodic and this characteristic can be used to convert the mechanical parameters into corresponding electromagnetic parameters. As a result, the current direction can be changed by changing the resistance in the two loops when the single pendulum swings in a flume. In this way, the mechanical parameters of the single pendulum can be converted into electromagnetic parameters to change DC into AC and the electromagnetic parameters can thus be measured with the DIS to conduct corresponding comparative study.

**Key words:** mechanical vibration, electromagnetic parameters, digital information system (DIS)