

一种测量重力加速度的新方法

潘昊东 杜 勇 姜宇楠 钟 洋

(三峡大学理学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 基于拉脱法测量水的表面张力的实验, 提出了一种测量重力加速度的新方法。结合力敏传感器灵敏度的拉脱电压和重力加速度的关系式, 已知室温下水的表面张力系数, 测量得到重力加速度。本实验利用智能手机读拉脱电压数值, 从测量结果可知, 所测重力加速度与标准值相比其相对误差甚小, 说明该实验方案确实可行, 具有一定的应用价值。

关键词: 力敏传感器灵敏度系数; 拉脱法; 水的表面张力系数; 重力加速度

测量重力加速度有多种方法, 如自由落体法、单摆法、气垫导轨法等。本实验利用实验室已有的测量液体表面张力系数的仪器测量当地的重力加速度, 并引入智能手机读拉脱电压数值, 提供了一种新的测量重力加速度的方法, 本文针对该方法从理论和实验上进行了分析和研究, 最终获得了较理想的测量结果。

一、实验原理

(一) 测量力敏传感器的灵敏度系数

力敏传感器由弹性梁和贴在梁上的 4 块电阻应变片组成, 如图所示, 由电阻应变片构成桥式电路, 如图 1 所示。当外界力作用于梁上时, 电阻应变片相应地产生电阻们的改变, 使电桥失去平衡, 产生信号输出, 输出电压与所加外力呈线性关系, 即

$$U = BF \quad (1)$$

式中, B 为力敏传感器的灵敏度(单位: mV/N)电压有关; U 为相应的电压输出量; F 为所加的外力, 由于 g 待定, 我们用 M 代替, 要用力敏传感器测量微小的力, 求出灵敏度系数 k 。

可由(1)式推算出

$$B = \frac{U}{F} \quad (2)$$

由于外力 $F=mg$, 进而得

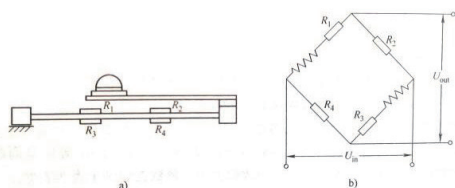
$$B = \frac{U}{Mg} \quad (3)$$

其中重力加速度 g 为未知量, 且灵敏度

B 随 g 的变化而变化, 故将 $\frac{U}{M}$ 作为灵敏度系数

$$K = \frac{U}{M} \quad (4)$$

$$B = \frac{K}{g} \quad (5)$$



图一 力敏传感器原理图

(二) 用拉脱法测量拉脱和静止电压值

一个金属环挂在传感器横梁端部的金属挂钩上, 将金属环的

底边少许浸入液体中, 并慢慢下降液面, 当金属环的底边高出液面时, 底边与液面间就会挂上一圈液体环, 如图 2 所示。继续下降液面, 当液体环被拉脱前一瞬间传感器受到的拉力为

$$F = \pi(D_1 + D_2)\alpha + mg \quad (6)$$

式中, m 为圆环的重量; D_1 、 D_2 分别是金属圆环的内径和外径; α 为表面张力系数; g 为重力加速度。所以重力加速度

$$g = \frac{F - \pi(D_1 + D_2)\alpha}{m} \quad (7)$$

在拉断液体环的一瞬间传感器的电压值为 U_1 , 且

$$U_1 = BF = B[\pi(D_1 + D_2)\alpha + mg] \quad (8)$$

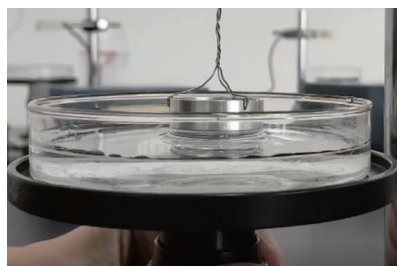
拉断液体环后, 传感器的电压为 U_2 , 且

$$U_2 = Bmg \quad (9)$$

又可表示为

$$g = \frac{\alpha\pi k(D_1 + D_2)}{(U_1 - U_2)} \quad (10)$$

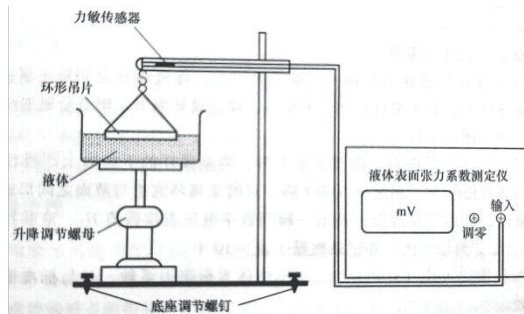
由式(10)可求出重力加速度。



图二 实验装置(侧视图)

二、实验装置

图三为实验装置, 其中液体表面张力测定仅包括硅护散电阻非平衡电桥的电源和测量电桥失去平衡时输出电压大小的数字电压表, 其他装置包括铁架台、微调升降台、装有力敏传感器的固定杆、盛液体的玻璃皿和金属圆环。



图三 实验装置(正视图)

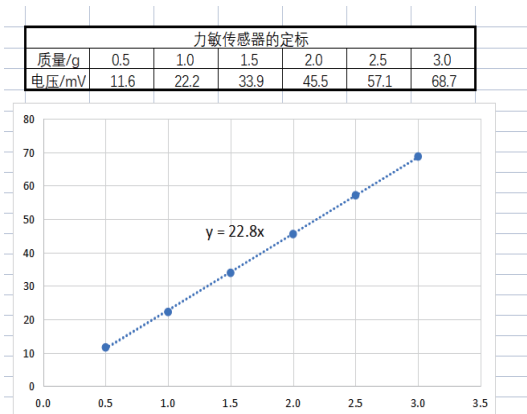
三、实验步骤

(一) 力敏传感器的定标

1. 打开仪器的电源开关, 将仪器预热 15 min 以上。
2. 在传感器梁端头小钩上挂上砝码盘, 调节调零旋钮, 使数字电压表显示为零。

3. 在砝码盘中分别放上 0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g、3.0g 等质量的砝码，在这些砝码的重力作用下，数字电压表有相应的读数 U。记录数值。如表一。

表一 斜率为灵敏度系数



用电脑 excel 最小二乘法做直线拟合，求出传感器灵敏度。
(二) 室温下水的表面张力系数
测量室内温度，得到现时对应的水的表面张力系数。得到水的表面张力系数为 0.07135 N/m

表二 水表面张力对应温度

t/℃	σ /10 ⁻³ N·m ⁻¹	t/℃	σ /10 ⁻³ N·m ⁻¹
0	75.64	21	72.59
5	74.92	22	72.44
10	74.22	23	72.28
11	74.07	24	72.13
12	73.93	25	71.97
13	73.78	26	71.82
14	73.64	27	71.66
15	73.49	28	71.50
16	73.34	29	71.35
17	73.19	30	71.18
18	73.05	35	70.38
19	72.90	40	69.56
20	72.75	45	68.74



图四 温度计

(三) 环的清洁与测量
1. 用游标卡尺测量金属圆环的外径和内径，各量重复测量 6 次，记录数据。如表三。

表三 环的内外径记录

金属环参数的测量							
次数	1.000	2	3	4	5	6	平均
外径/cm	读数	3.498	3.518	3.498	3.496	3.500	3.502
	实测值	3.398	3.418	3.398	3.4396	3.400	3.402
内径/cm	读数	3.310	3.312	3.316	3.314	3.314	3.314
	实测值	3.210	3.212	3.216	3.214	3.218	3.214

2. 环的表面状况会影响测量结果，实验之前应该用 NaOH 溶液浸泡 20s~30s，然后用清水洗净。

(四) 测量拉脱电压与静止电压

1. 将金属环挂在传感器的小钩上，调节升降台，将液体升至靠近金属圆环底边与纯净水表面是否平行；如果不平行，将金属环取下，调节金属细丝，使金属丝吊在挂钩上时底边与液面平行。
2. 调节玻璃皿下的升降台，使其渐渐上升，将金属环的下底边全部浸没于纯净水中。然后反向调节升降螺母，使液面逐渐下降，这时金属环底边与液面之间形成一环形水膜。继续下降液面，利用手机对数字电压表录制视频，通过对视频一帧一帧的寻找出环形液膜拉断前一瞬间数字电压表读数 U_1 、液膜拉断后数字电压表读数 U_2 重复测量 6 次，并记录数据如图五、表四。



图五 记录数据

3. 将实验数据代入式 (10) 中，求出重力加速度 g。

表四 电压测量记录

电压测量							
次数	1	2	3	4	5	6	平均
拉脱电压/mV	20.0	21.6	21.9	21.7	21.8	21.6	21.43
静止电压/mV	-12.2	-12.3	-12.4	-12.4	-12.4	-12.5	-12.34

四、数据处理

由表一知灵敏度系数 $k = 22.8 (V/kg)$ ，
表二可知 $D_1 + D_2 = 6.618 (cm)$
表三可知 $U_1 - U_2 = 33.8 (mV)$
将数值代入式 (10) 中，得到 $g = 9.94 (N/kg)$
所得数值与当地重力加速度 g 的理论数值相当一致，测量结果比较满意。

五、结语

本实验的创新点在于用逆向思维通过待定重力加速度和已知液体表面张力系数来反向推演得到重力加速度 g，在实际操作中加入了测量室内温度和利用智能手机得到拉脱瞬间电压数值，增加了实验的准确性和可靠性。从测量结果可知，所测重力加速度与标准值相比其相对误差甚小，说明该实验方案确实可行，具有一定的应用价值。

参考文献：

[1] 侯宪春，王东方，薛冠非. 大学物理实验 [M]. 北京：机械工业出版社，2014.

基金项目：湖北高校省级教学研究项目（项目编号：2020378）。

作者简介：潘昊东，男，湖北随州人，三峡大学 2020 级光电专业学生。

通讯作者：钟洋，女，湖北孝感人，博士，主要从事高能物理研究。