

弹簧谐振子的研究

【实验目的】

1. 验证胡克定律，测量弹簧劲度系数。
2. 研究弹簧振子作简谐振动的特性，测量简谐振动的周期，用理论公式计算弹簧劲度系数，对两种方法的测量结果进行比较。
3. 学习集成霍耳开关的特性及使用方法，用集成霍耳开关准确测量弹簧振子的振动周期。

【实验原理】

1. 胡克定律

弹簧在外力作用下将产生形变（伸长或缩短）。在弹性限度内由胡克定律知：外力 F 和形变量 Δy 成正比，比值 K 为弹簧的劲度系数，即

$$F = K \cdot \Delta y \quad (1)$$

2. 弹簧振子的周期

将质量为 M 的物体挂在垂直悬挂于固定支架上的弹簧的下端，构成一个弹簧振子，若物体在外力作用下（如用手下拉，或向上托）离开平衡位置少许，然后释放，则物体就在平衡点附近做简谐振动，其周期为

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M + PM_0}{K}} \quad (2)$$

式中 P 是待定系数，它的值近似为 $1/3$ ，可由实验测得； M_0 是弹簧本身的质量，而 PM_0 被称为弹簧的有效质量。

3. 磁场控制开关

磁场控制开关（磁开关）示意图见图 1，集成霍耳传感器是一种磁敏开关。“ V_+ ”“ V_- ”间加 5V 直流电压，“ V_+ ”接电源正极、“ V_- ”接电源负极。当垂直于该传感器的磁感应强度大于霍耳开关的导通阈值 B_{op} 时，该传感器处于“导通”状态，这时处于“ V_{out} ”脚和“ V_- ”脚之间输出电压极小，近似为零；当磁感强度小于霍耳开关的释放点 B_{rp} （ $B_{rp} < B_{op}$ ）时，输出电压等于“ V_+ ”“ V_- ”两端所加的电源电压。利用集成霍耳开关这个特性，可以将传感器输出信号输入周期测定仪，测量物体转动的周期或物体移动所经时间。

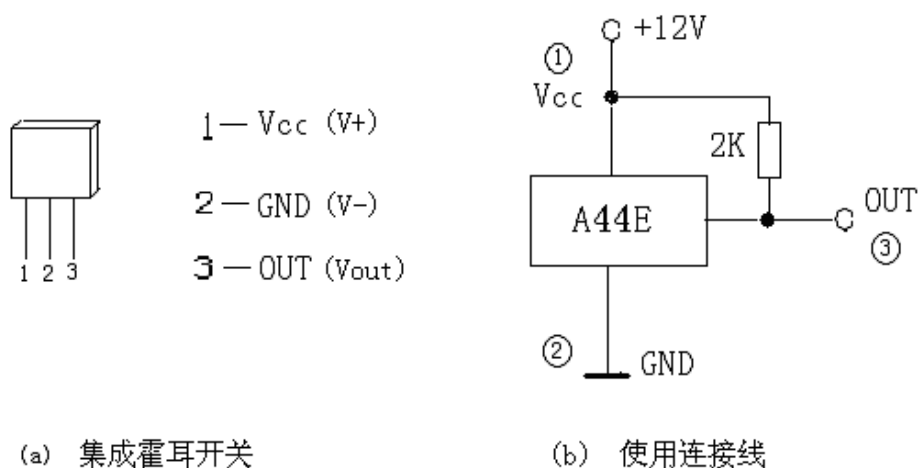


图 1 磁开关示意图

【实验装置】

弹簧谐振子实验仪如图 2 所示，各组成部分名称：1.调节旋钮（调节弹簧与主尺之间的距离）；2.横臂；3.吊钩；4.弹簧；5.初始砝码；6.小指针；7.挂钩；8.小镜子；9.砝码托盘；10.游标尺；11.主尺；12.水平调节螺丝；13.砝码；14.小磁钢；15.集成霍尔开关传感器；16.同轴电缆接线柱；17.计数显示；18.计时显示；19.复位键；20.设置/阅览功能按键；21.触发指示灯。

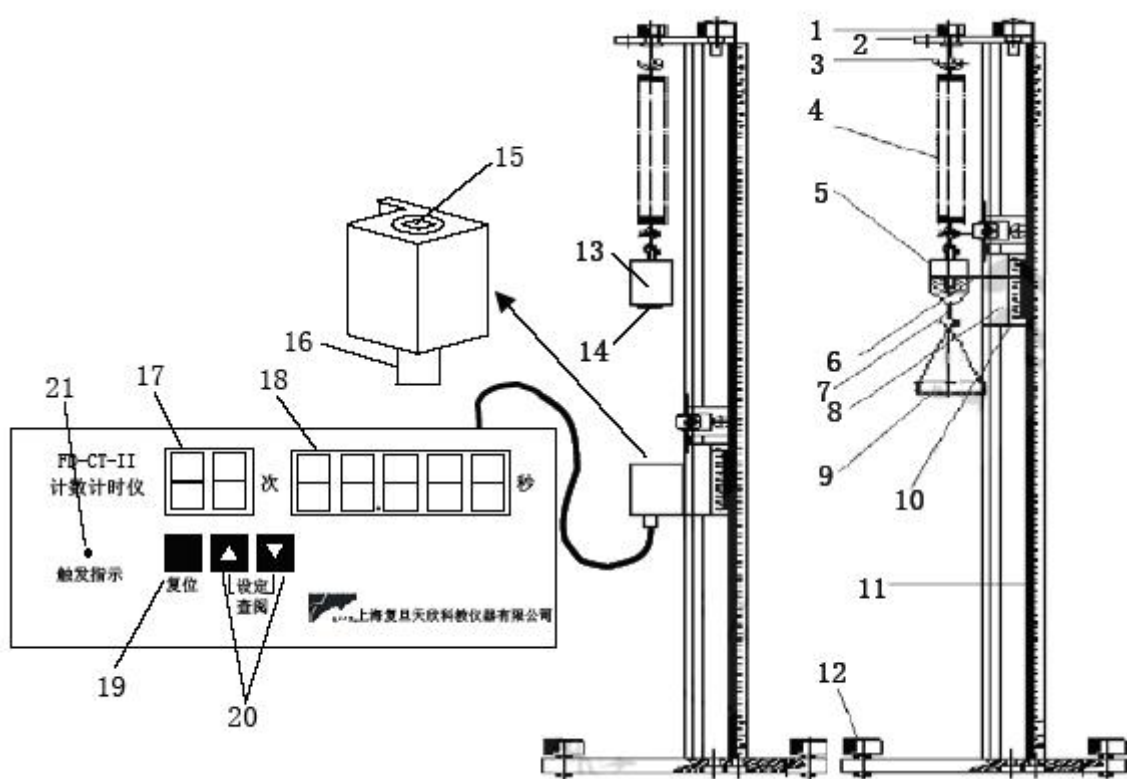


图 2 弹簧谐振子实验组合仪

【实验内容及步骤】

一、用新型焦利秤测定弹簧劲度系数 K

1. 调节底板的三个水平调节螺丝，使焦利秤水平。
2. 在主尺顶部安装弹簧，再依次挂入吊钩、初始砝码，使小指针被夹在两个初始砝码中间，下方的初始砝码通过吊钩和金属丝连接砝码托盘，这时弹簧已被拉伸一段距离。（见图 2）
3. 调整小游标的高度使小游标左侧的基准刻线大致对准指针，锁紧固定小游标的锁紧螺钉，然后调节微调螺丝使指针与镜子框边的刻线重合，当镜子边框上刻线、指针和像重合时，观察者方能通过主尺和游标尺读出读数。
4. 先在砝码托盘中放入 1 克砝码，然后再重复实验步骤 3，读出此时指针所在的位置值。先后放入 9 个 1 克砝码，通过主尺和游标尺依次读出每个砝码被放入后小指针的位置，再依次从托盘中把这 9 个砝码一个个取下，记下对应的位置值。（读数时必须消除视差）
5. 根据每次放入或取下砝码时弹簧所受的重力和对应的拉伸值，用作图法或逐差法，求得弹簧的劲度系数。

二、测量弹簧简谐振动周期 T ，得出弹簧的劲度系数 K 。

1. 用电子天平测量铁砝码（约 20g）、弹簧的质量，测量次数不少于 5 次。
2. 取下弹簧下的砝码托盘、吊钩和校准砝码、指针，挂入 20g 铁砝码，铁砝码下吸有小磁钢（磁极需正确摆放，否则不能使霍耳开关传感器导通）。
3. 把带有传感器的探测器装在镜尺的左侧面，探测器通过同轴电缆线与计数计时器输入端连接。
4. 拨通计时器的电源开关，使计时器预热 10 分钟。
5. 移动镜尺调整霍耳开关探测器与小磁钢间距，使小磁钢与霍耳传感器正面对准，并调整霍耳开关的高度，以便小磁钢在振动过程中比较好的使霍耳传感器触发，当传感器被触发时，计数计时器上的触发指示灯将变暗。（计数设定不要过高，可设定在 10，因为当弹簧伸长量 L 在 130mm 时，间距会随振动次数的增加迅速加大，导致不触发，例如在 $L=130\text{mm}$ 时，计数值只有 1-4）
6. 向下拉动砝码使其拉伸一定距离（拉到底，与传感器传感器贴住、对齐，然后释放），使小磁钢面贴近霍耳传感器的正面，这时可看到计数计时器上的触发指示灯是暗的，然后松开手，让砝码上下振动，此时触发指示灯在闪烁。
7. 计数器停止计数后，记录计时器显示的数值。多次测量后得出振动周期，代入（2）式，计算弹簧的劲度系数。
8. 将伸长法和振动法测得的劲度系数进行比较。

* 改变砝码质量 M ，参考以上实验内容，测出对应的振动周期 T ，作 $\omega^{-2}-M$ 的曲线，求出 K 和

$$P。 \left(\because \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \therefore \left(\frac{1}{\omega} \right)^2 = \frac{M + PM_0}{K} \right)$$

【注意事项】

1. 实验时弹簧需有一定的伸长，克服静摩擦力，否则会带来较大的误差。
2. 弹簧拉伸不能超过弹性限度，弹簧拉伸过长将发生形变使其损坏。
3. 做完实验后，为防止弹簧长期处于拉伸状态，须将弹簧取下，使弹簧恢复自然状态。
4. 砝码取下后应放入砝码盒中。
5. 切勿将小指针弯折，以防止其变形。

【思考题】

1. 如何用本套设备测量本地区重力加速度？
2. 弹簧的上下运动与单摆的左右摆动两者间有什么相同点和不同点？两者的运动轨迹是否相同？两者的波动方程是否相同？