

2013 年北京市大学生物理实验竞赛

参赛项目说明书

参赛学校 北京邮电大学

组队负责人 李璠

组队成员 克金龙

参赛题目：（请画√选择）

- 题目一：机械摆的设计、制作及实验研究
- 题目二：霍尔元件物理特性研究及应用
- 题目三：实验制作
- 题目四：论文（教学型 科研型）

北京市大学生物理实验竞赛组委会制

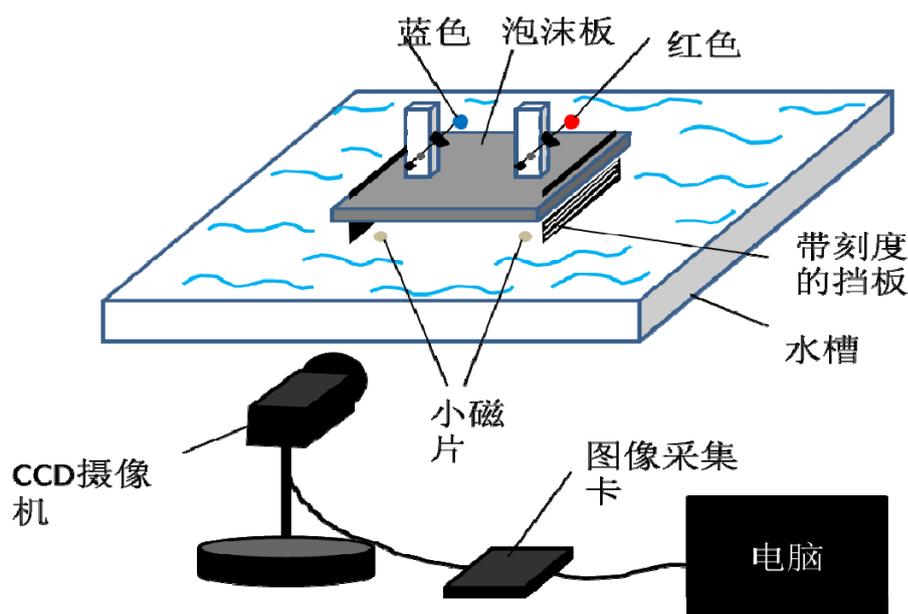
2013 年 5 月

参赛题目	探究挡板潜入水深不同对两个节拍器耦合状况的影响			
负责人姓名	性别	出生年月	专业	年级
李璠	女	1993 年 12 月	应用物理学	2011 级
手机, email	18810646723		18810646723@163.com	
队员姓名	性别	出生年月	专业	年级
克金龙	男	1992 年 11 月	应用物理学	2011 级

设计原理与方法:

耦合同步是一种自然界普遍的现象, 本实验将探究水面上节拍器的耦合同步现象; 通过放在水面上的泡沫板来承载节拍器, 并用上下对称且磁极相反的磁片对此进行牵制以解决平衡性的问题, 用 CCD 采集器进行数据的采集, 并利用 Origin, Matlab 等软件对采集的数据进行分析并得出相应的结论。

实验仪器与装置:



实验装置图

实验过程及数据处理:

H (mm)	基本情况
0-25	同向同步
25-35	偏同向锁相同步
36-49	调制波
50-69	偏反向锁相同步
70-75	反向同步

注: H 代表的是挡板在泡沫板下的深度;

实验条件：节拍器周期：570 ms~880ms；

本实验采用的两个节拍器的周期分别为 625ms 和 628ms，它们之间的误差不足 0.5%。

挡板的总高度：70 mm；

挡板的宽度：130 mm；

水槽的尺寸：584 mm * 484 mm * 142 mm

水深：90 mm；

(1) 实验分析过程

注：以下图中纵坐标 a 表示的是某一个时刻偏移平衡位置的位移；

① 0-25mm 同向同步态

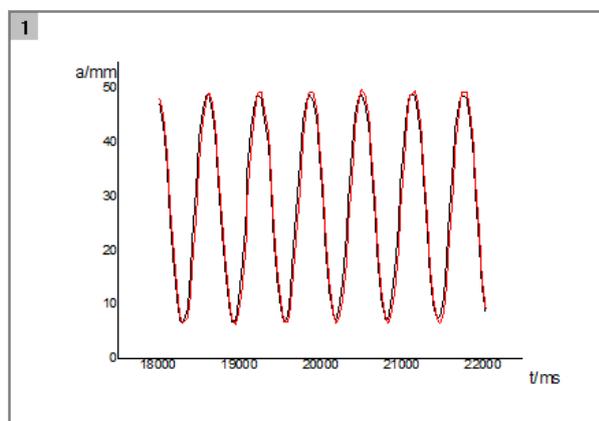


图 1 为 H=0mm 时的图像；

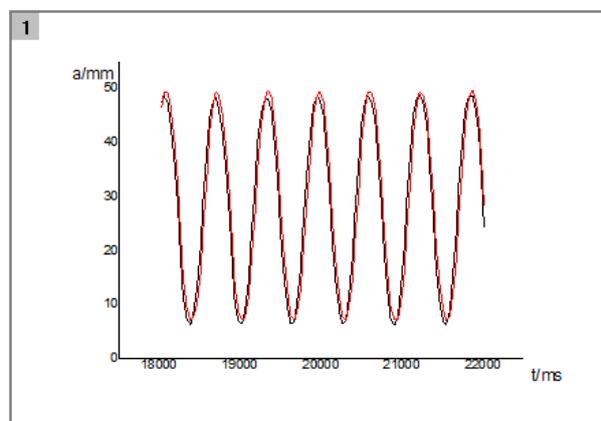


图 2 为 H=10mm 时的图像；

从图 1 和图 2 可以看出，在一定系统误差范围内，0~25mm 范围内两个节拍器的耦合情况是同向同步。

② 25-35mm 偏同向锁相同步态

随着深度的增加，出现偏同向锁相同步：

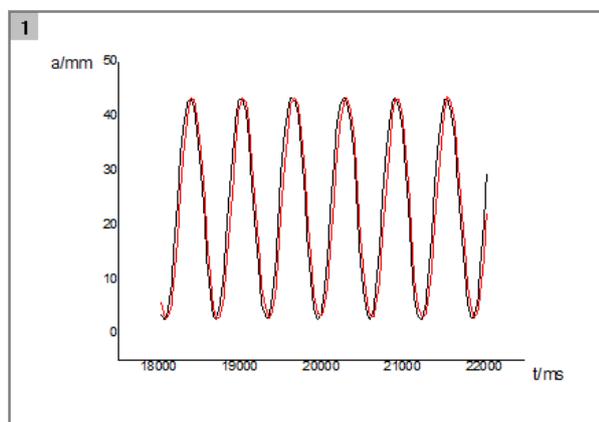


图 3 为 H=26mm 时的图像

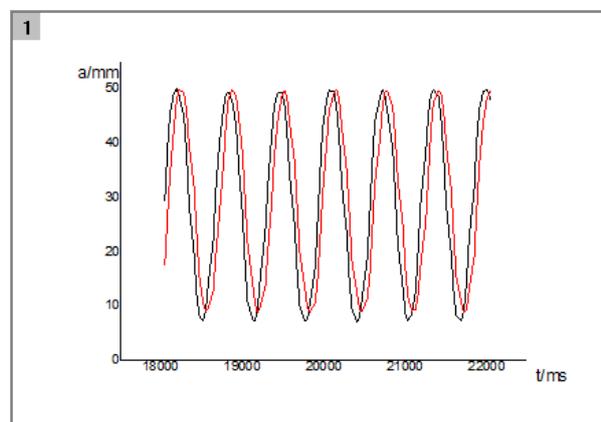


图 4 为 H=30mm 时的图像

③ 36-49mm 调制波态

以 45mm 为例画出的包络图如下：

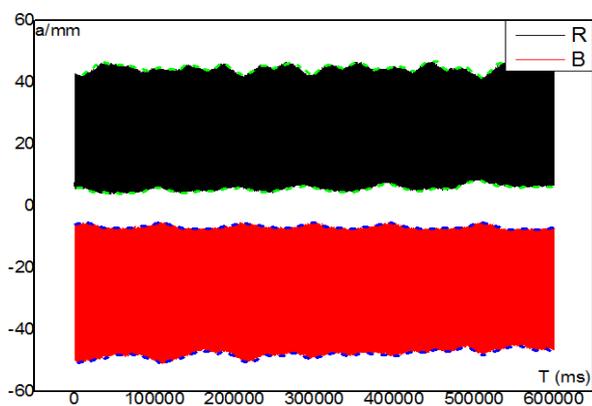


图 5 H=45mm 时的图像

④ 50-69mm 偏反向锁相同步态

随着 H 的增加，会达到偏反向锁相同步：

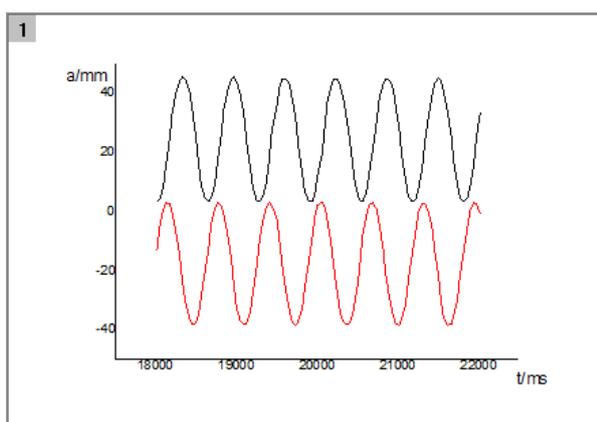


图 6 为 H=50mm 时的图像

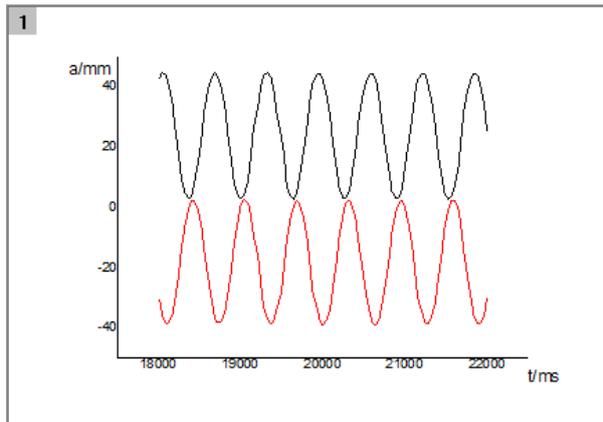


图 7 为 H=54mm 时的图像

⑤ 70-75mm 反向同步态

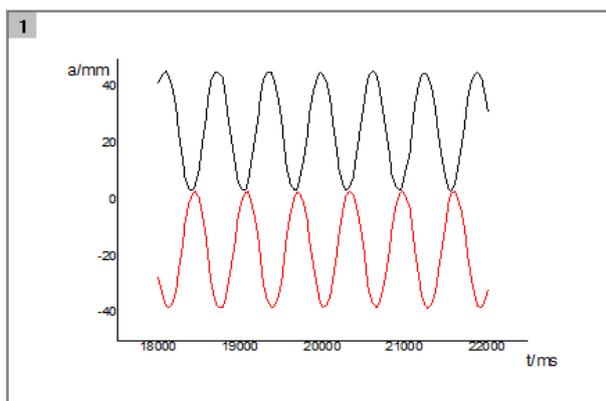
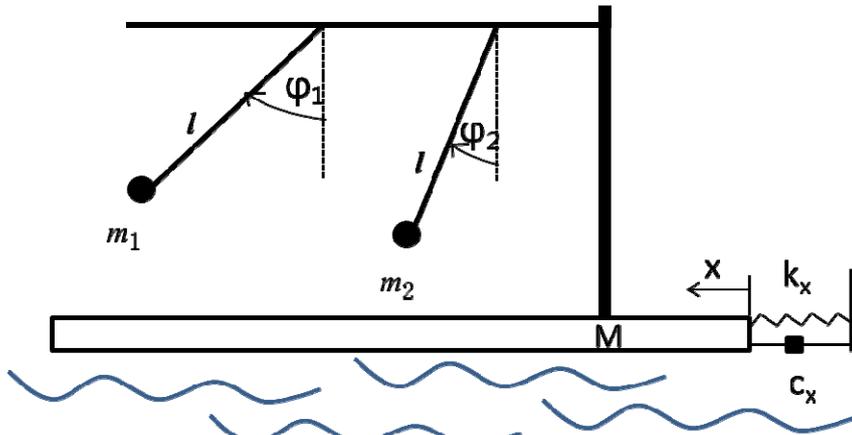


图 8 为 H=75mm 时的图像

从图 8 可以看出，在一定系统误差范围内，70-75mm 范围内两个节拍器的耦合情况是反向同步。

理论模拟仿真



实验装置摆动系统原理图

$$ml^2 \ddot{\phi}_i + m\dot{x}l \cos\phi_i + c_{\phi_i} \dot{\phi}_i + mgl \sin\phi_i = M_{D_i} \quad i = 1, 2$$

$$(M + 2m)\ddot{x} + c_x \dot{x} + k_x x + \sum_{i=1}^2 m_i l (\ddot{\phi}_i \cos\phi_i - \dot{\phi}_i^2 \sin\phi_i) = A \sin(\omega t)$$

如图所示的系统可以用上述两个动力学方程表示。其中各参数含义如图。当

$0 < \phi_i < 5^\circ, \dot{\phi}_i > 0$ 的时候， $M_{D_i} = M_{N_i}$ ，当 $0 > \phi_i > -5^\circ, \dot{\phi}_i < 0$ 的时候， $M_{D_i} = -M_{N_i}$ ，

其他时候 $M_{D_i} = 0$ ， M_{D_i} 是发条给节拍器的外力。

模拟仿真图

如图 9-13 分别是同向同步、偏同向锁相同步、调制波、偏反向锁相同步和反向同步的数值模拟图。

可以看出这五种态的数值模拟图像均跟实验所得出的图像一致。

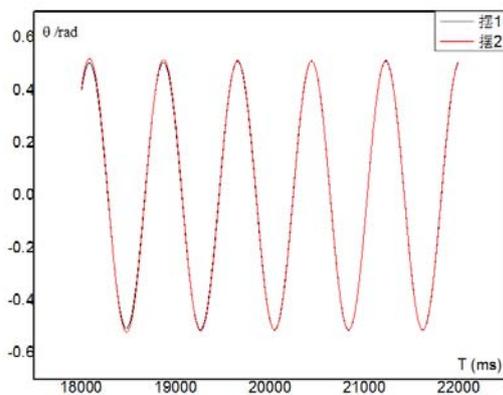


图 9 同向同步

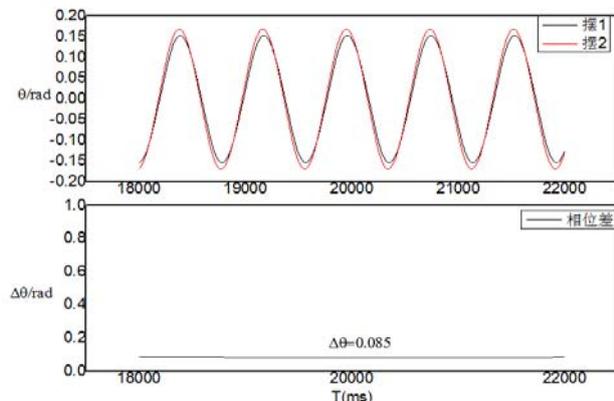


图 10 偏同向锁相同步

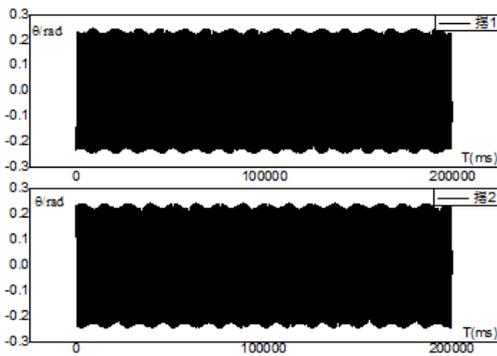


图 11 调制波

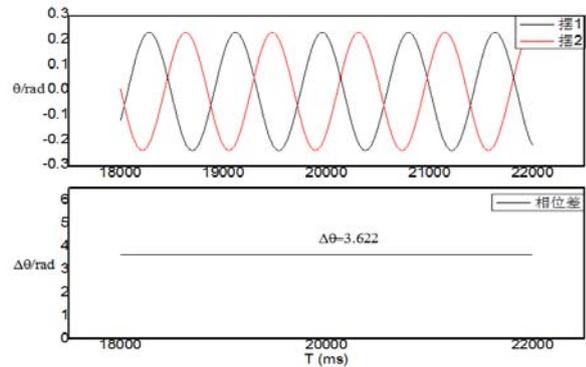


图 12 偏反向锁相同步

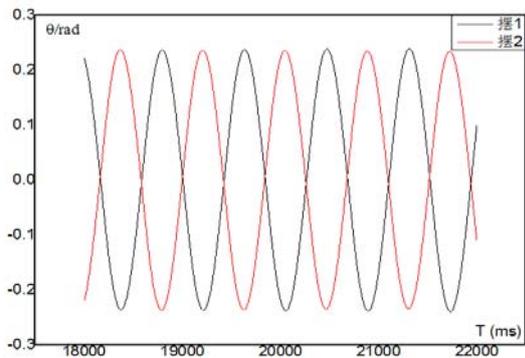


图 13 反向同步

实验结论：

通过探究挡板深入水下深度 0~75mm 区间范围内的深度不同对两个节拍器的耦合状况影响，我们可以总结出随着挡板深入水中，水对泡沫板的阻力逐渐增大，两个节拍器从最初的同向同步，渐变到有固定相位差的耦合，并且当相位差增大到一定程度后，会出现调制波现象，阻力继续增大，调制波现象会再次过渡到有固定相位差的耦合，相位差继续增大，之后会趋向反向同步。

拓展——两个泡沫板上的两个节拍器：

将两个节拍器分别放在两个泡沫板上，中间用两根橡皮筋相连，探究其耦合状况。通过大量实验，我们发现两个节拍器的最终同步状态和它们的初始条件有关。

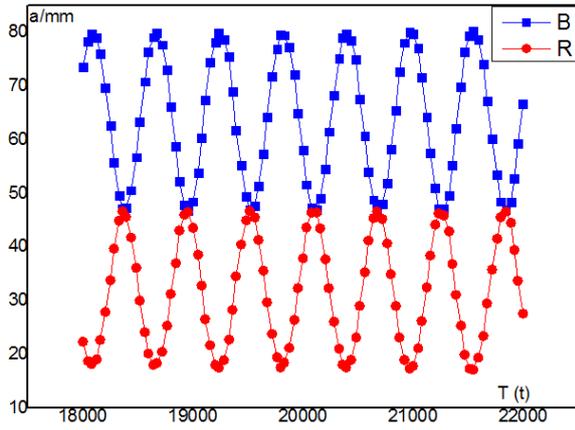


图 14 反向同步态

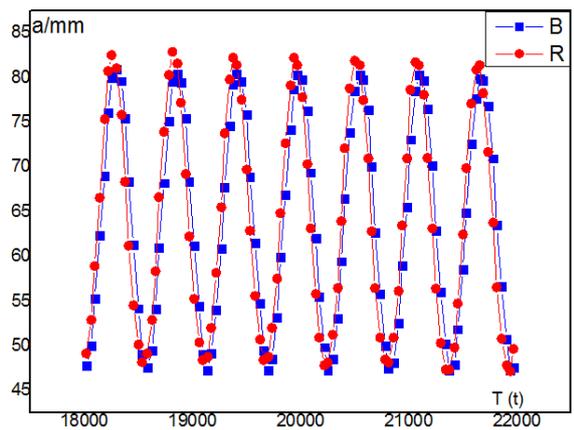


图 15 同向同步态

如图 14、15，当初始条件偏向反向，那么它们最终的状态就是反向同步；当初始条件偏向同向，那么最终稳定的状态是同向同步。

制作成本

1. 节拍器 218 元*4 个=872 元整
2. 玻璃水槽 400 元*1 个=400 元整