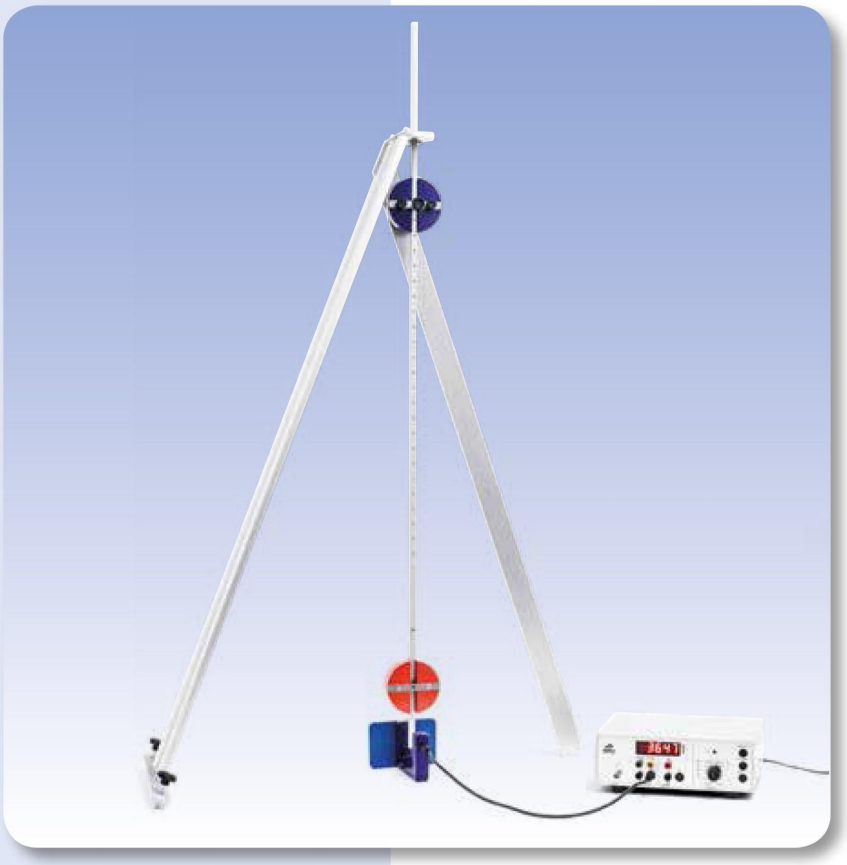
UE1050221 卡特尔的可逆摆



目标

借助可逆摆针对重力产生的当地加速度进行实验测定。

实验过程

- 安装一个可逆摆，使得其在两个悬置点测定的振荡周期是相同的。
- 确定振荡周期，并计算由重力导致的当地加速度。

概要

可逆摆是正常物理摆的一种特殊设计。能够从两个悬置点摆动，并且其安装确保从两个悬置点测得的振荡周期是相同的。缩短摆长，使其与两个悬置点之间的距离相匹配。这样能够更为容易的通过振荡周期和减少的摆长确定因重力导致的本地加速度。通过把两个悬置点之间的摆按照需要加以移动，同时确保在摆长范围之外的相对较大的配重保持固定，实现对可逆摆的匹配。

所需的装置

数量	说明	编号
1	卡特尔的倒摆	1018466
1	光电门	1000563
1	电子计数器（230V，50 / 60HZ）	1001033 or
	电子计数器（115 V，50/60 Hz）	1001032

1

基本原则

可逆摆是正常物理摆的一种特殊设计。能够从两个悬置点摆动，并且其安装确保从两个悬置点测得的振荡周期是相同的。缩短摆长，使其与两个悬置点之间的距离相匹配。这样能够更为容易的通过振荡周期和减少的摆长确定因重力导致的本地加速度。通过把两个悬置点之间的摆按照需要加以移动，同时确保在摆长范围之外的相对较大的配重保持固定，实现对可逆摆的匹配。

当一个物理摆在其平衡位置周围自由振荡，只有很小的偏移 φ，则其运动方程如下所列：

(1) $$\frac{J}{m\cdot s}\cdot\ddot{\varphi}+g\cdot\varphi=0.$$

J: 关于摆动轴转动惯量，
g: 重力加速度，m：摆的质量，
s: 振荡轴与重心之间的距离

物理摆折合长度如下所列：

(2) $$L=\frac{J}{m\cdot s}$$

这一长度的数学摆以相同的振荡周期振荡。

斯坦纳定理可用来计算转动惯量：

(3) $$J=J_s+m\cdot s^2.$$

J_S: 重力轴中心的转动惯量

对于两个悬置点之间的距离为d的可逆摆， 其折合摆长如下所列：

(4) $$L_1=\frac{J_s}{m\cdot s}+s \quad \text{and} \quad L_2=\frac{J_s}{m\cdot(d-s)}+d-s$$

如果可逆摆的安装使得在两个悬置点的振荡周期相同，则两个摆相匹配。在这种情况下，以下公式适用：

(5) $$s=\frac{d}{2}\pm\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2-\frac{J_s}{m}}$$

和

(6) $$L_1=L_2=d.$$

在这种情况下，振荡T的期间由下式给出

(7) $$T=2\pi\cdot\sqrt{\frac{d}{g}}.$$

在这一实验中，通过把两个悬挂点之间的质量 m_2= 1 kg的砝码进行适当的移动，从而配置一个可逆摆。第二个较大质量 m_1= 1.4 kg的配重砝码固定于两个悬置点之外。振荡周期的测定采用的是电子方式，通过测定摆的下端周期性经过光电门的时间来实现。通过这种方式，与折合摆长 L_1 和 L_2 相关的振荡周期 T_1 和 T_2，作为质量 m_2 位置 x_2 的函数进行测定。

评价

通过测量 $T_1(x_2)$ 和 $T_2(x_2)$ 得到的两条曲线在数值 $T = T_1 = T_2$. 位置相交两次。为准确确定交点，需要在两个测量点之间提供插值。通过测量可计算得到因为重力导致的加速度，如下所列：

$$g=\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\cdot d,\ d = 0.8\ \text{m}$$

其相对精度为千分之0.3。

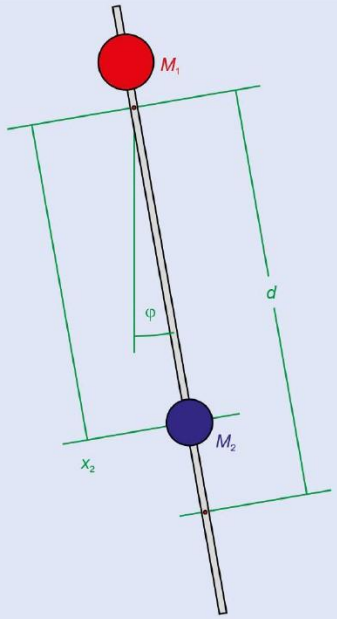


图 1：可逆摆示意图

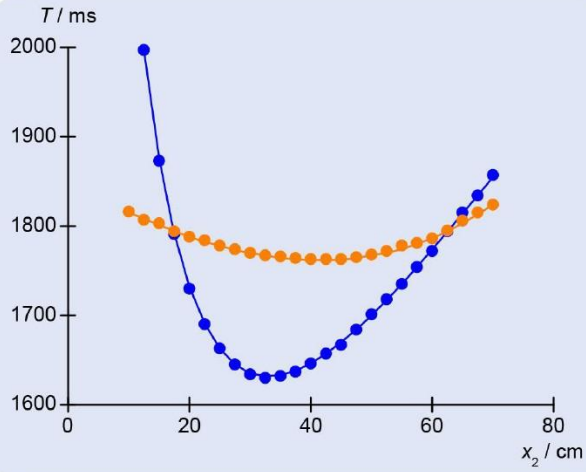


图 2：测得的振荡周期 T_1 和 T_2 与砝码 2位置的函数关系。