谐振动



变重力加速度摆

测定作为有效重力加速度的函数的振荡摆周期

- 测定周期 T 关于有效重力加速度 geff 的函数
- 测定具有不同长度 L 的摆锤周期 T

UE105020 06/06 JS

基本原理

摆锤周期由摆锤长度 L 和重力加速度 g 决定。重力加速度对摆锤周期的影响可以通过将摆锤倾斜使其不再水平进行演示。

当摆轴倾斜,由于轴是固定的,所以平行于轴的有效重力加速度 g 变为无效 (参看图 1)。剩余的有效重力加速度 g_{par} 可由以下 方程计算得到:

(1)
$$g_{eff} = g \cdot \cos \alpha$$

α: 指轴与水平面的夹角

当摆锤偏离静止位置一个角度之后,悬重 m 将受到一个回力的 作用,回力的大小为:



图 1: 变重力加速度摆(示意图)

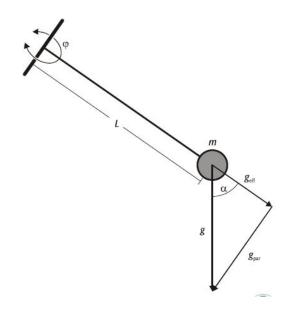
(2)
$$F = -m \cdot g_{eff} \cdot \sin \varphi$$

如果偏离的角度很小,那么摆锤的运动方程如下:

(3)
$$m \cdot L \cdot \varphi + m \cdot g_{eff} \cdot \varphi = 0$$

因此,摆振动的角频率为:

(4)
$$\omega = \sqrt{\frac{g_{eff}}{L}}$$



所需仪器

1 变重力加速度摆	U11984
1 机械秒表 (30 秒)	U40801
1 三脚架 150 mm	U13270
1 不锈钢杆 470 mm	U15002

装置安装

- 在支架底座上安装质量可变的摆锤。
- 把重物放在摆杆的下端。

实验程序

- 使摆长 L 保持最大值,设定可变倾斜角 α ,并在各种情况下测定 10 次振荡所需时间。
- 在倾斜角 $\alpha = 70^\circ$ 的情况下,改变质量,从而改变摆长,并在各种情况下测定 10 次振荡所需时间。

示例测量

a) 倾斜角的变化:

表 1: 摆的振荡周期与振荡轴倾斜角的相互关系,或者与重力加速度有效分量 $g\cos\alpha$ (L=30cm)之间的关系,后者可使用公式(1)计算。

(1) 11 710			
α	gcosα (ms ⁻²)	10T(s)	T(s)
0°	9. 81	11. 0	1. 10
10°	9. 66	11. 1	1. 11
20°	9. 22	11. 4	1. 14
30°	8. 50	11.8	1. 18
40°	7. 51	12.6	1. 26
50°	6. 31	13. 9	1. 39
60°	4. 91	15. 9	1. 59
70°	3. 36	19. 5	1. 95
80°	1. 70	27. 2	2. 72
85°	0.85	36. 8	3. 68

b) 在α = 70° 时摆长的变化

表 2: 摆的振荡周期与摆长 L 之间的关系 (g cos $\alpha = 3.36 \text{ms}^{-2}$)

L(cm)	10T(s)	T(s)
30	19. 5	1. 95
20	16. 2	1. 62
10	12.8	1. 20

评价

方程(4)意味着摆锤周期如下:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g_{eff}}}$$

在 L = 30cm 的情况下,可获得如图 2 所示的连续曲线。图 2 中 所绘制的点也来自于表 1,在测量精确度范围内与曲线相吻合。

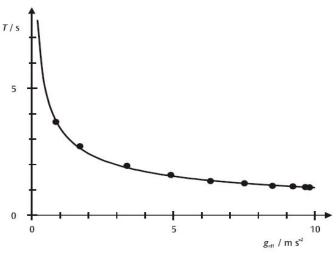
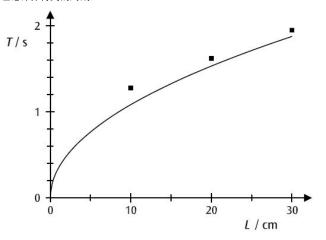


图 2: 摆锤周期关于有效重力加速度的函数 (直线为摆锤长度 L = 30 cm 时 理论计算得到的周期)



通过图 3 连续曲线通过取得有效成分计算。 测量值由取自表 3 并从绘制的曲线偏离,因为摆锤明显偏离短长度 L 的数学理想。

结论

因此缩短摆锤的长度,将使振动周期缩短;减小有效重力加速度,将使振动周期变长。