

编号	135110-CN	主题	机械能		
版本	2016-11-30 / YH	类型	学生练习实验	建议用于: 10-12 年级	页码 1/4

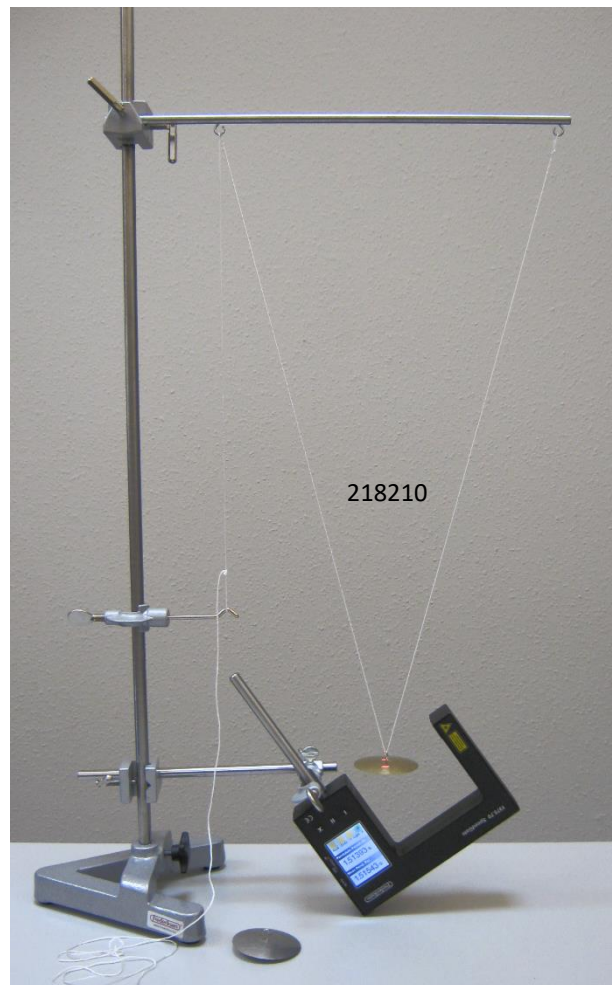
实验目的

建立一个数学摆的振荡周期的公式。

实验原理

用很轻的细线将较小的砝码悬挂在线的中间并使其振荡，这是一个所谓“数学摆”的良好近似实验。(理想情况下，在真空中，悬挂的细线无质量，且与悬挂的挂钩无摩擦力。)

为了检查振荡周期的公式，不同的参数是变化的—一些是公式的一部分，而另一些不应有任何影响。包括在内的两个砝码摆锤形状相同，质量不同。振荡的摆长和振幅也可以是变化的。



铁架台及相关实验器材列在第 4 页。

实验仪器

(具体详见尾页实验仪器列表。)

218210 数学摆，带挂钩

197570 双孔光电门

铁架台及相关材料

数学摆 218210

摆锤悬挂在双螺纹线中，这确保了摆锤的摆动方向是固定的。

该形状的砝码使质量集中在离振荡轴线某一距离处。此外，可使空气阻力最小。

双孔光电门 197570

光电门带内置数显。可以与其他物体一起测量周期。

用一个摆锤，你通常可以使用” *Pendulum Period mode*” 摆动周期模式，该模式会每隔一个光线截取记录一次。

实验步骤

实验设置搭建如第 1 页图所示(具体见右图)。

将线的一端打结, 并将其进行固定。

细线被悬挂在数学摆离铁架台较远的那个挂钩上。细线中间穿过摆锤, 并将另一端穿进数学摆的另一个挂钩中, 并将线向下拉, 固定在铁架台上的一个带挂钩的夹具上。

打开双孔光电门, 通过按标有“X”的按钮重置。操作模式通过按下按钮“P”和“M”进行选择。

选择单摆周期“*Pendulum Period*”和平均单摆周期“*Mean Pendulum Period*”。测量周期可按照下列步骤:

1. 开始振荡
2. 按下标有“(X)”的重置按钮
3. 在振荡充足的次数后, 如 5 次, 读取显示器上标有“mean period”的平均周期 T

悬挂的砝码是如此纤薄, 如果它挡住了水平光线, 会导致实验出现问题。通过倾斜将双孔光电门倾斜放置, 可以解决该问题。砝码的边缘可以可靠地切割光线。

调节挂绳和双孔光电门的位置, 使双孔光电门标有“X”的孔径射出的光束 X 刚好射到砝码的中心, 当砝码悬挂静止时。

此外, 你还要测量单摆的长度。这不只是线的长度。

我们认为通过两个悬挂点的线是旋转轴, 并且将单摆的长度 L 定义为该轴线与悬挂砝码的中心之间的距离。

为了确保有一个固定的振幅, 你可放置一个额外的铁架台来标记单摆摆锤开始摆动的位置。

1 - 质量和振幅保持不变, 改变长度

在这部分我们只使用黄铜砝码作为摆锤。测量至少 5 次不同长度时的周期, 长度在约 30cm 和 1 m 之间。

每一次单摆的长度 L 需精确测量 - 最好精确到 1 mm。以“米”为单位记下每次测得的长度。

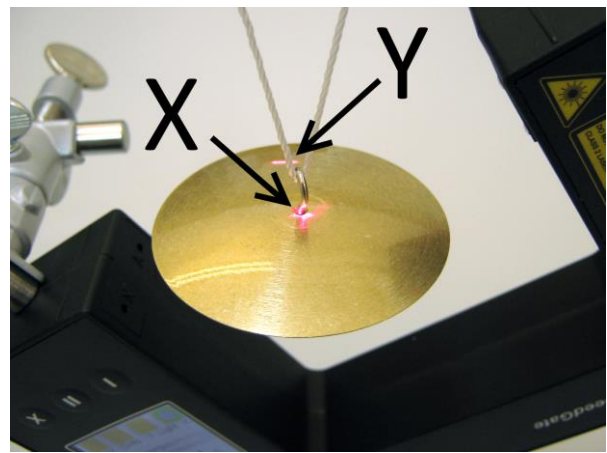
使用一个中等的振幅; 摆锤砝码应该在离光线“X”几厘米远处摆动。

按照下表所示, 记录测量结果:

摆锤砝码质量/ g	
振幅/ cm	
单摆长度 L / m	T / s



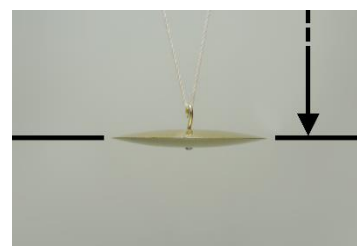
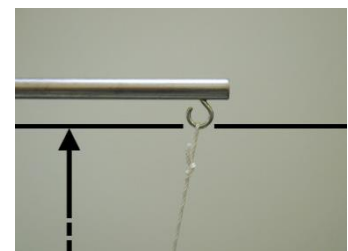
将双孔光电门倾斜放置, 以确保单摆的摆锤可以阻挡光线。



当摆锤砝码垂直悬挂时, 从标有 X 孔径射出的光线应射到砝码中心。(标有 Y 的孔径射出的光线射到接近砝码边缘处。)

单摆的长度 L (垂直测量):

测量从挂钩底部...



...至摆锤砝码的中心。

2 - 长度和振幅保持不变，改变质量

该部分的实验必须像之前那样，以相当小的振幅进行实验操作。

单摆长度可选择约为 0.75 m。

摆锤砝码的质量仅需以 0.1 g 至 1 g 的精度确定。

按下表所示，记下实验结果：

单摆长度 L / m	
振幅 / cm	
摆锤质量 m / g	T / s

3 - 质量和长度不变，改变振幅

在该部分使用黄铜砝码。单摆长度和之前那部分实验一样，保持不变。

如之前所述，可用一个额外的铁架台，来标记砝码运动的初始位置。从这个铁架台到砝码边缘（悬挂静止时）的距离是振幅的测量长度。

(通常情况下，振幅被定义为与垂直线相隔的最大角度。测量这个角度更困难，且这个差别在该实验中几乎对实验结果无影响。)

改变振幅大小，从几厘米直至线几乎是水平的。测量 5 至 10 次。

注意摆锤摆动的方向：摆锤不能撞到双孔光电门上！从双孔光电门后面开始摆动。

按下表所示结构，记录实验结果：

摆锤质量 / g	
单摆长度 L / m	
振幅 A / cm	T / s

理论

振幅较小的数学摆的振荡周期 T 可用下列公式表示：

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

这里 g 指重力加速度 (表值)。

我们注意到，在参数之外，这个公式里我们只改变单摆长度。

该关系可被写成：

$$T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2}{g} \cdot L$$

这意味着如果将 T^2 绘制成以 L 为变量的函数，结果测试一条通过原点 (0,0) 且斜率为 $\frac{4 \cdot \pi^2}{g}$ 的直线。

计算

1 - 改变长度

对于每次测量，计算出 T^2 并以 L 为变量，绘制出 T^2 的函数图形。

绘制出通过描绘出的数据点和原点(0,0)的最佳直线，并且找出该直线的斜率。

2 - 改变质量

当将铝制摆锤换成黄铜摆锤时，计算质量增量的百分比。

计算从铝制摆锤换成黄铜摆锤后，周期增量的百分比。

3 - 改变振幅

将振幅 A 作为变量，在坐标系中绘制 T 的函数图。

讨论与评估

描述第一部分理论和实际测量值之间的一致性。

第 2 部分的结果如何与声称单摆周期与质量相独立的理论一致？与其他参数比较，如何保持一致？

悬挂摆锤的线是给定的吗？摆锤上的挂钩形状是否完全一致？评估理论的预测，即只要保持“较小”的幅度，周期大小不取决于幅度。

教师札记

应用的概念

振荡周期

数学技能

绘制图形
直线的斜率
百分比

关于仪器

双孔光电门以毫秒的分辨率测量时间。你不能期望剩余的实验情况被如此明确定义，所有测量周期的小数点都是有意义的。

双孔光电门的高分辨率使其在振幅较大情况下，很容易观察到每次摆动的周期变化。这是由挂钩的摩擦力和空气阻力引起的。在第 3 部分，你可能会想要减少平均使用的周期数。

教学考虑

在该实验手册中，学生被鼓励用几种不同的方法来评估理论与实际测量结果之间的一致性，但是不要在数据点和数据点之间进行数据比较来进行评估。若你偏好这种方法进，只需改写手册的最后一部分。

具体实验器材列表

指定用于该实验的仪器

218210 数学摆，带挂钩
197570 双孔光电门

标准的实验室器材

000100 A 字形铁架台, 2.0 kg
000800 铁架台杆, 150 cm
000850 铁架台杆, 25 cm
002310 多向转接头, 方形, 通用 (2 个)
002320 多向转接头, 旋转
002700 带钩的支架夹
140510 直尺, 木制, 100 cm
102961 数字秤 200 g/0,1 g, 或类似产品