# 选择性必修1课题研究

## 研究样例

**单摆周期与重力加速度定量关系的实验研究**

### 问题的提出

关于单摆周期公式 *T* = 2π中周期和摆长的定量关系，我们已经进行了实验探究，所得到的结论跟公式吻合。公式中周期与重力加速度的定量关系是否也可以通过实验进行检验呢？从公式看，似乎只有在其他星体上，或者在一个稳定的超重或失重的场景下能够改变 *g* 时，才能进行实验检验。那么，在地球上的普通实验条件下，是否可以对 *T* 与 *g* 的定量关系进行实验研究呢？如果可以，怎样实验？

### 实验方案的设计

1．进一步思考 *g* 的实验含义

重力 *mg* 是单摆在简谐运动中产生回复力的原因，*g* 是重力加速度，这是单摆周期公式中 *g* 的物理意义。

从实验的视角看，*g* 是什么？*g* 是单摆的摆球在失去摆线拉力的情况下运动的加速度（摆球脱离摆线时，它的加速度是 *g*），该加速度大小和方向都是不变的。由此我们设想，是否可以设计一个这样的实验环境：摆球在没有摆线作用的情况下，它运动的加速度是另外一个大小和方向都不变的值，而且这个值是可以人为调节的。

2．伽利略用斜面“冲淡”重力的启示

伽利略研究小球自由落体运动规律时，用斜面来“冲淡”重力，通过小球在斜面上运动的实验研究，把结论外推到自由落体运动。由此我们想到，用斜面“冲淡”重力的设计思路也可以用在单摆上。没有摆线的钢珠，在光滑斜面上运动的加速度大小和方向是一个不变的值，而且这个值可以通过改变斜面倾角来调节，这和我们需要的实验环境是完全吻合的。

3．实验的基本方案

本实验的基本方案就是在摩擦力可以忽略的斜面上做单摆实验，如图研 -1 所示。如果没有摆线的约束，摆球在该倾角为 *θ* 的斜面上运动的加速度为 *a* = *g*sin*θ*，相当于被“冲淡”后的重力加速度。本研究中，把 *a* 称为“等效重力加速度”。本实验的目的是：在摆长一定的情况下，检验单摆周期 *T* 是否与 *a* 的平方根成反比。即检验 *T* ∝ 是否成立。

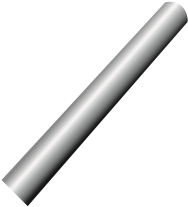
*θ*

图研 -1 斜面上的单摆

### 实验装置和物理量的测量

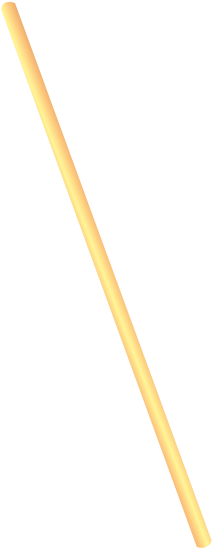
1．实验装置

图研 -2 是双线摆，双线摆也是一种单摆，它的优点是可以把摆球的运动轨迹约束在一个确定的平面上。现把双线摆的其中一根悬线，换成一根很轻的硬杆，组成一个“杆线摆”，如图研 -3 所示。杆线摆可以绕着悬挂轴 OO′ 来回摆动，其摆球的运动轨迹被约束在一个倾斜的平面内，这相当于单摆在斜面上来回摆动，但避免了摆球在真实斜面上运动时所受的摩擦力。测量该倾斜平面的倾角 *θ*，能求出等效重力加速度 *a* 的大小，测量不同倾角下的单摆周期 *T*，便能检验 *T* 和 *a* 的定量关系。



图研 -2 双线摆

*θ*



*O*

*O*′

轻杆

摆线

图研 -3 “杆线摆”

2．斜面倾角 *θ* 的测量

如图研 - 4，铁架台上装一根重垂线。在铁架台的立柱跟重垂线平行的情况下把杆线摆装在立柱上，调节摆线的长度，使摆杆与立柱垂直，则此时摆杆是水平的。



图研 -4 水平放置的杆线摆



*β*

*θ*

图研 -5 倾斜放置的杆线摆

如图研 -5，把铁架台底座的一侧垫高，立柱倾斜，绕立柱摆动的钢球实际上是在一倾斜平面上运动。测出静止时摆杆与重垂线的夹角为 *β*，则该倾斜平面与水平面的夹角 *θ* = 90° − *β*。

3．单摆周期 *T* 的测量

在图研 -5 的情况下，尽量减小摆杆与支柱之间的摩擦，使该摆能较长时间绕支柱自由摆动而不停下来。让单摆做小偏角下的振动，用停表测量单摆完成 20 个全振动所用的时间 *t*，则单摆周期 *T* = 。同样的操作进行三次，取平均值作为该周期的测定值。

改变铁架台的倾斜程度，测出不同倾斜程度下斜面倾角 *θ* 的值以及在该倾角下单摆的周期 *T*，把各组 *θ* 和 *T* 的值填在实验数据表中。

### 实验数据与分析

为检验在相同摆长下单摆周期是否跟等效重力加速度的平方根成反比，即对公式 *T* ∝ 进行检验，需要把斜面倾角 *θ* 的度数转化为 的值。为此，取 *g* = 9.8 m/s2，计算 *a* = *g*sin*θ* 的值作为表格中的一列，再计算 的值，得到表格中的另一列，如下表所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | *θ*（°） | *T*/s | *a* /（m·s-2） | （m2·s） |
| 1 | 11.0 | 2.52 | 1.87 | 0.731 |
| 2 | 14.5 | 2.11 | 2.45 | 0.639 |
| 4 | 22.5 | 1.73 | 3.75 | 0.516 |
| 5 | 25.5 | 1.62 | 4.22 | 0.487 |
| 6 | 29.0 | 1.50 | 4.75 | 0.459 |

如图研 -6，以 *T* 为纵坐标、以 为横坐标建立坐标系，把以上表格中 *T* 和 的各组数据在坐标系中描点。发现这些点都在一条过坐标原点的直线上，说明 *T* 和 成正比，验证了单摆在摆长一定的情况下，其周期跟重力加速度的平方根成反比。

*T* / s

/ s·

0.1

0.2

0.3

0.4

0.5

0.6

0.7

0.8

0

1

2

3

图研 -6 *T*-图像

## 参考选题

弹簧振子运动周期的实验研究

### 研究内容

由于弹簧振子由轻质弹簧和振动小球组成，因此猜想：弹簧振子的运动周期跟弹簧的劲度系数、振动小球的质量有关。

为减小振动过程的摩擦，用竖直的弹簧振子的上下振动进行实验，如图研 -7。不过首先要证明，竖直方向的弹簧振子的上下振动是简谐运动，而且其回复力与位移之比等于弹簧的劲度系数。

图研 -7 弹簧振子

在保持弹簧劲度系数不变的情况下，改变小球质量，探究弹簧振子的运动周期跟振子质量的定量关系；在保持振子质量不变的情况下，改变弹簧的劲度系数，探究弹簧振子运动的周期跟弹簧劲度系数的定量关系。

弹簧劲度系数的改变，可以通过改变弹簧的长度来实现。理论上可以证明，对同一跟均匀弹簧，取其中不同长度进行实验，其劲度系数跟所取的弹簧长度具有确定的定量关系。也可以通过实验来测量不同长度弹簧的劲度系数。