# 第2章 机械振动 第4节 科学测量：用单摆测量重力加速度

物理量的测量通常有多种方法。我们已学过用打点计时器或频闪照相来测量重力加速度。下面，我们通过单摆来测量重力加速度的大小。

实验目的

（1）用单摆测量重力加速度。

（2）会使用秒表测量时间。

（3）能分析实验误差的来源，并能采用适当方法减小测量误差。

实验器材

长约 1 m 的细线、开有小孔的金属小球、带有铁夹的铁架台、刻度尺、秒表、游标卡尺。

实验原理与设计

单摆做简谐运动时，由周期公式 *T* = 2π，可得 *g* = 。因此，测出单摆摆长和振动周期，便可计算出当地的重力加速度。

用秒表测量 30 ～ 50 次全振动的时间，计算平均做一次全振动的时间，得到的便是振动周期。

安全警示

按操作规程使用秒表、游标卡尺等器材，轻拿轻放金属小球等，不要随意甩动小球，以免伤人。

实验步骤

（1）取长约 1 m 的细线，细线的一端连接小球，另一端用铁夹固定在铁架台上，让摆球自由下垂，如图 2-21 所示。

标记



图 2-21 实验装置示意图

（2）用刻度尺测摆线长度 *l*线，用游标卡尺测小球的直径 *d*。测量多次，取平均值，计算摆长 *l* = *l*线 + 。

（3）将小球从平衡位置拉至一个偏角小于 5° 的位置并由静止释放，使其在竖直面内振动。待振动稳定后，从小球经过平衡位置时开始用秒表计时，测量 *N* 次全振动的时间 *t*，则周期 *T* = 。如此重复多次，取平均值。

（4）改变摆长，重复实验多次。

（5）将每次实验得到的 *l*、*T* 代入 *g* = 计算重力加速度，取平均值，即为测得的当地重力加速度。

数据分析

将测量的数据记入你设计的表格中，并分析数据，形成结论。

实验结论

写出实验结论。

讨论

（1）通过哪些方式可使小球的运动更加接近简谐运动？

（2）为什么要从平衡位置开始计时、计数？为什么不用秒表直接测量一次全振动的时间作为周期？除秒表外，测量时间还可选用哪些器材？

（3）你还能用什么方法测量重力加速度？

### 素养提升

能分析相关事实，提出并准确表述在实验中可能出现的物理问题；能在他人帮助下制订实验方案，能选用实验器材进行实验，获得实验数据，能注意减小实验误差；能分析数据，测得重力加速度的大小；能撰写规范的实验报告，在报告中能呈现设计的实验表格、数据分析过程及实验结论，能反思评估关于重力加速度的不同测量方法。

注意提升实验测量能力与误差分析能力。

——科学探究

### 物理聊吧

除了用公式法处理数据外，还可用图像法处理数据。图 2-22 是某同学作出的 *T*2-*l* 图像，如何从图像中求出重力加速度？请与同学交流你的想法。

*T* 2/s2

*l* / m

*O*

图 2-22 单摆的 *T*2-*l* 图像

### 科学书屋

**秒表**

秒表可分为机械秒表和电子秒表。机械秒表有大、小两个表盘（图 2-23），秒针沿大表盘转动，分针沿小表盘转动。通常，秒针转一圈所用的时间为30 s，最小分度为0.1 s。秒针每转过一圈，分针相应转过半格。分针和秒针所指示的时间之和为所测的时间。图中，分针转过半格，即示数为 30 s，秒针示数为 3.4 s，故所测时间为 33.4 s。秒针的转动是通过齿轮传动的，不可能停在两格中间，所以不需要估读。秒表上方的按钮起着控制指针走动和扭紧发条的作用。使用时先扭紧发条，按下按钮，秒表开始计时；再按下按钮，秒表停止计时，进行读数；再按一次，秒表回零，准备下一次计时。

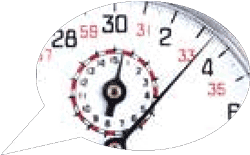


图 2-23 机械秒表

电子秒表采用液晶数字显示时间。通常，按一下START/STOP 按钮，开始自动计时；再按一下，停止计时并显示出所记录的时间；然后按 LAP/RESET 键回零。手机一般也有秒表的计时功能（图 2-24）。

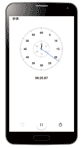


图 2-24 手机的秒表计时

## 节练习

1．请撰写“用单摆测量重力加速度的大小”的实验报告。注意在报告中呈现设计的实验表格以及数据分析过程和实验结论，讨论重力加速度的不同测量方法的特点。

**参考解答**：略

2．在“用单摆测量重力加速度的大小”实验中，某同学发现他测出的重力加速度值总是偏小，可能有哪些原因？

**参考解答**：根据单摆的公式 *T* = 2π，可得 *g* = ；测得的加速度偏小可能是 *l* 偏小可能是 *T* 偏大。即把摆线的长当作摆长来计算，没有算上小球的半径，这样 *l* 偏小，算出来的重力加速度偏小；测出 *n* 次全振动的时间，误作为 （*n* − 1） 次全振动的时间进行计算，测得的周期偏大，算出来的重力加速偏小。振动中出现松动，使摆线长度增加了，测得的周期偏大，则测得的 *g* 值偏小。

3．一位同学用单摆测量重力加速度，他将单摆挂起后，进行了如下操作。请指出下列步骤中遗漏或错误的地方，并加以改正。

（1）测摆长 *l*：用刻度尺量出摆线的长度。

（2）测周期 *T*：将小球拉起，由静止释放，在小球某次通过最低点时，按下秒表开始计时，同时将本次通过最低点记为第 1 次；接着一直数到小球第 60 次通过最低点时，按下秒表停止计时；读出这段时间 *t*，算出单摆的周期 *T* = 。

（3）将所测得的 *l* 和 *T* 代入公式 *T* = 2π，算出 *g*，将其作为实验结果写入报告中。

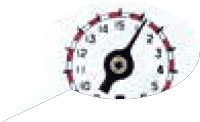
**参考解答**：（1）摆长不等于摆线的长度，所以要用卡尺测出摆球直径 *d*，摆成 *l* 等于摆线长与 之和。

（2）一个周期内两次通过最低点，按秒表开始计时，并计数为 1，直到摆球第 60 次通过最低点时停止计时，所以共有 29.5 次全振动。所以 *T* = 。

（3）不能将单独一次的实验数据作为最终结果。*g* 应多次测量，然后取平均值作为实验最后结果。

4．在做“用单摆测量重力加速度的大小”实验时，如果已知小球直径为 1.80 cm，让刻度尺的0 刻度线对准摆线的悬点， 摆线竖直下垂，下端刻度如图（a）所示，那么单摆的摆长是\_\_\_\_\_\_\_\_m。若测定 40 次全振动的时间如图（b）中秒表所示，则秒表读数是 \_\_\_\_\_\_\_\_ s，单摆的振动周期是 \_\_\_\_\_\_\_\_ s。由此得到的重力加速度 *g* =\_\_\_\_\_\_\_\_m/s2。

（b）



（a）

86

87

88

89

90

91

**参考解答**：0.8730，75.2，1.88，9.74

5．某同学在做“用单摆测量重力加速度的大小”实验时，测量了 5 种不同摆长情况下单摆的振动周期，记录数据如下：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 摆长 *l*/m | 0.500 0 | 0.800 0 | 0.900 0 | 1.000 0 | 1.200 0 |
| 周期 *T*/s | 1.42 | 1.79 | 1.90 | 2.00 | 2.20 |
| *T*2/s2 | 2.02 | 3.20 | 3.61 | 4.00 | 4.84 |

（1）根据表中数据画出 *T*2 - *l* 图像；

（2）求此图像的斜率；

（3）由此图像求重力加速度。

**参考解答**：（1）图略。

（2）*k* = 4.03

（3）*g* ≈ 9.79 m/s2

6．北京和广州的两位同学，分别探究单摆的周期 *T* 与摆长 *l* 的关系，通过网络交流绘制了 *T*2 - *l* 图像，如图（a）所示。

（1）北京的同学所测实验结果可能对应的图像是 A 和 B 中的哪一个？请说明理由。

（2）广州的同学还绘制了不同摆长的单摆的振动图像，如图（b）所示。由图可知两单摆摆长之比 为多少？

*O*

*l* / m

*T*2 / s2

A

*x* / cm

*t* / s

1

2

3

−4

a

b

B

（a）

（b）

*O*

4

2

−2

**参考解答**：（1）由公式 *T* = 2π，因为在地球表面纬度越大重力加速度越大，所以北京重力加速度大于海南重力加速度，所以单摆在北京的周期应该小于海南，北京的同学所测实验结果对应的是图线 B。

（2）*l*a∶*l*b = 4∶9

### 请提问