PSL

免费示范课

单摆

振动入门课程包

01 单摆

单摆 · 45 分钟

学生学习单 | 实验链接 | 预测问题 | 数据表 | 答案解析 | 教师指南

© 2026 PSL · Physics Simulations Lab · pslsimulations.com。单一教师授权：您可以打印这些页面并与自己的学生分享，也可以放在有密码保护的班级网页上。请勿公开发布或转交其他教师。所有仿真皆可随时免费使用。

简体中文 · 机器辅助翻译。英文版为参考版本。

第 1 课 · 学生学习单 · 单摆

仿真： 单摆 **时间：** 约 45 分钟 **程度：** 9 - 12 年级 · 大学入门程度

姓名 日期 班级

打开实验： 在 PSL 中搜索「单摆」。
pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

学习目标

- 测量单摆的周期如何随摆长改变。
- 找出从哪个释放角度开始，小角度公式 $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$ 不再准确。

单摆的周期 T 是完成一次完整往返摆动所需的时间。小幅摆动时，物理理论预测 $T = 2\pi\sqrt{(L/g)}$，其中 L 是摆长，$g = 9.81\ m/s^2$。仿真会显示这个「小角度周期」的读值，但实际上会计算任意角度下的完整摆动。你的任务是找出读值何时开始偏离实际情况。

本课使用的控制项： 摆长（0.5 - 3 m） · 释放角度（5 - 150°） · 读值：小角度周期

1 · 预测

操作仿真前先思考

P1 如果把摆长增加为原来的 4 倍，周期会……

☐ 保持不变 ☐ 增加为原来的两倍 ☐ 增加为原来的 4 倍 ☐ 减为原来的一半

你有多大把握？ ① ② ③ ④ ⑤ （1 = 猜测，5 = 非常确定）

P2 释放角度会改变周期吗？预测长 1.5 m 的单摆在 10° 与 120° 时的周期。

P3 你认为角度大约达到多少时，公式的误差会超过 5%？

2 · 探究

每次只改变一个因素

A 部分 · 摆长

1. 将释放角度设为 10°，播放速度保持在 1×。
2. 对每个摆长，先读取「小角度周期」，再用码表测量 5 次完整摆动的时间，除以 5。

摆长 L（m）	周期读值 T（s）	5 次摆动的时间（s）	实测周期 T（s）	T^2 (s^2)
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
3.0				

B 部分 · 角度

1. 将摆长设为 1.5 m，周期读值应为 2.46 s。
2. 对每个释放角度，测量 5 次完整摆动的时间并求出实测周期，再计算百分比差异：（实测值 − 2.46）÷ 2.46 × 100。

释放角度	5 次摆动的时间（s）	实测周期 T（s）	相对于 2.46 s 的百分比差异
10°			
35°			
60°			
90°			
120°			
150°			

3 · 解释

运用你的数据

E1 运用 A 部分的数据：摆长从 0.5 m 增加到 2.0 m（原来的 4 倍）时，周期有何变化？你在 P1 的预测正确吗？

E2 绘制 T^2 对 L 的关系图。描述图形并求出斜率，再利用斜率 = $4\pi^2/g$ 计算 g。

E3 在 B 部分，实测周期首次与读值相差超过 5% 的角度是多少？

E4 公式假设 $\sin\theta \approx \theta$。请解释为何单摆从大角度释放时，完成摆动所需的时间比公式预测的更长。

课末检核

一座落地钟的摆长为 1.0 m。（a）计算其周期。（b）若让单摆以更大的幅度摆动，时钟会走得偏快还是偏慢？为什么？

第 1 课 · 教师指南 · 单摆

仿真： 单摆 **时间：** 约 45 分钟 **数学：** 代数、平方根（可选择绘图）

实验链接： pslsimulations.com/#/lab/mechanics-lab/pendulum

课程概述

学生先验证 $T \propto \sqrt{L}$，再发现熟悉的公式其实是近似式，在大幅摆动时会失准。仿真会对完整的非线性方程序进行数值积分：$d^2\theta/dt^2 = -(g/L)\sin\theta$，因此大角度下实测的周期确实会比读值更长。播放速度为 1× 时，摆动以实际时间进行：L = 1.5 m 时，我们测得 10° 的周期为 2.47 s，120° 为 3.37 s。

课前准备

课前先打开一次仿真。学生需要码表（可使用手机）。建议两人一组：一人按「重设」释放单摆，另一人计时。

常见迷思

- 较重的摆锤摆得较快。（质量不出现在公式中；仿真使用质点模型。）
- 摆长加倍，周期也加倍。（实际上周期变为原来的 $\sqrt{2} \approx 1.41$ 倍。）
- 振幅永远不影响周期。（大角度时会影响，这正是 B 部分的重点。）

参考答案与解析

P1

增加为原来的两倍。因为 $T \propto \sqrt{L}$，摆长变为 4× 时，周期变为 $\sqrt{4} = 2\times$。

P2

10° 时的周期约为 2.46 s，与读值相同；120° 时约为 3.37 s，约增加 37%。

P3

接受任何合理的预测，并将其与 B 部分的实验结果进行比较。

A 部分

读值：0.5 m → 1.42 s、1.0 m → 2.01 s、1.5 m → 2.46 s、2.0 m → 2.84 s、3.0 m → 3.47 s。实测值应与读值相符，差异约在 0.1 s 以内。T^2 的数值：2.01、4.03、6.04、8.05、12.1 s^2.

B 部分

L = 1.5 m 时的预期实测周期：10° → 2.46 s（+0.2%）、35° → 2.52 s（+2.4%）、60° → 2.64 s（+7.3%）、90° → 2.90 s（+18%）、120° → 3.37 s（+37%）、150° → 4.33 s（+76%）。

E1

周期加倍了（1.42 s → 2.84 s）。摆长变为原来的四倍，周期变为两倍，因为 $T \propto \sqrt{L}$。

E2

通过原点的直线，斜率 ≈ 4.0 s^2/m. $g = 4\pi^2 \div 4.02 \approx 9.8$ m/s^2。学生的计算结果若误差约在 5% 以内，即可接受。

E3

在所测角度中，60° 是偏差首次超过 5% 的角度：35° 时偏差为 2.4%，60° 时为 7.3%。

E4

回复力为 $mg\sin\theta$。大角度时，$\sin\theta$ 明显小于 θ（$\sin 90° = 1$，而 $90° = 1.57$ rad），所以将单摆拉回中央的作用比公式假设的更弱。回复力较弱，回程较慢，周期也较长。

课末检核

（a）$T = 2\pi\sqrt{(1.0/9.81)} \approx 2.01$ s。（b）偏慢。大幅摆动的周期较长，因此单摆每小时完成的摆动次数较少，时钟便会落后。

延伸活动

仿真将 g 固定为 9.81 m/s²，因此无法直接呈现其他天体的情况。请学生利用公式，计算月球上长 1.5 m 的单摆周期（月球 g = 1.62 m/s²）：T = 2π√(1.5/1.62) ≈ 6.05 s，约为地球上的 2.5 倍。

差异化教学

支持：预先填好 T² 这一栏，并略过斜率计算。挑战：将 B 部分的结果与级数 $T \approx T_0(1 + \theta_0^2/16)$ 比较，其中 θ_0 以弧度表示，找出此近似式从何时开始失准。

PSL

振动入门课程包 / 振动与波主题套装

振动入门课程包 · 19 USD

- 单摆
- 受迫弹簧振子的共振
- 耦合摆与能量传递

振动与波主题套装 · 49 USD

- 单摆
- 受迫弹簧振子的共振
- 耦合摆与能量传递
- 弦与管中的驻波
- 鼓膜的共振图样
- 克拉尼图形与对称性

单元评量与参考答案 · 12 题

两周教学进度指南 与词汇表