

單擺實驗數據分析與擬合

目標

- 利用 Python 進行單擺實驗數據分析。
- 透過數據分析驗證單擺運動的理論模型與實驗數據之間的關聯。
- 利用擬合方法估算重力加速度值，並比較與理論值的差異。
- 利用 Chi-squared (χ^2) 值評估擬合品質，並探討誤差來源及數據的可靠性，模型是否需要修正。
- 透過殘差分析檢查是否存在系統性誤差，以判斷模型是否需要修正。

指定閱讀

- 呂浩宇老師講義 part1 and part2

https://github.com/baobabyoo/Lecture_DataAnalysis

預習問題

1. 為何在小角度近似條件下，單擺的週期 T 與擺長 L 之間的關係可以表示為 $T=2\pi(L/g)^{1/2}$ ？請說明這個公式的推導過程。
2. 透過對數變換，單擺的週期與擺長的關係可以轉換成線性關係。請寫出這個轉換過程，並解釋為何這樣的轉換可以幫助我們利用線性擬合來求解重力加速度 g 。
3. 最小二乘法 (least square fitting) 擬合的基本原理是甚麼？Python 中 `curve_fit` 的預設值是用最小二乘法 (least square fitting) 嗎？
4. Chi-square (χ^2) 擬合的基本原理是什麼？與最小二乘法 (least square fitting) 擬合有何不同？
5. 如何計算 χ^2 值？請寫出計算公式並說明其中的每一個變數代表的意義。
6. 誤差大致上可分為哪兩類(並列出其中細項)？哪一類的誤差可以透過進行多次實驗來減少誤差？

數據分析

請匯入助教所提供的實驗數據，開始進行分析。請參考第一週 ch2 講義中的 practice

問題與討論

1. 根據實驗數據的擬合結果所計算出的 χ^2 值是多少？如何利用 χ^2 值判定擬合的好壞？如果值偏差較大，可能有哪些原因？
2. 在數據擬合過程中，測量誤差 (error bar) 的值會如何影響 χ^2 值和最終擬合的重力加速度 g ？

3. 殘差圖是否呈現隨機分佈？是否觀察到某種趨勢(例如隨擺長增加或減少)？如果存在系統性誤差, 可能的原因是什麼？如何改進實驗設計來減少這類誤差？
4. χ^2 擬合的結果與單純使用最小二乘法 (least square fitting) 擬合相比有何不同？ χ^2 擬合的優勢在哪裡？適合用在什麼實驗？