

第一章 緒論

由於電腦軟硬體在近年來的發展迅速，尤其以USB的介面控制裝置最為亮眼，使得物理實驗之測量，較以往容易許多[1]。本論文研究的主題為多米諾骨牌(Dominoes) 運動，這是常見的遊戲與競賽，但我們對它的性質並未瞭解，有文獻以為此類運動與物理中的孤粒子(Soliton)現象，本論文描述電阻式自製之角速度測量器，對骨牌之角速度進行測量，試圖解析骨牌之運動狀態。另一方面利用簡易Java動畫製作環境(Easy Java Simulations) [2]這套軟體進行實驗模擬並與實驗測量結果作比較。

因此實驗測量有著更多元化發展；電腦與實驗結合將是未來的一種趨勢，這樣的趨勢會造成量測方式的改變，加上電腦化的數據分析與模擬軟體的廣泛應用，再根據不同的實驗設計，適用於不同層次的研究；另一方面，設計實驗可以利用其實驗結果與電腦模擬做一定程度上的比較，其比較的結果可以加強實驗數據的正確性。本章將就本論文的研究背景、研究動機與研究目的，並對實驗量測方法、步驟和數據模擬等一一予以詳細說明。

第一節 研究背景與動機

「骨牌」這個名詞最早出自中國《正字通》上所記載，在西元1120年時，民間出現了一種名叫“骨牌”的遊戲。當時的骨牌大多由牙骨製成，所以骨牌又有“牙牌”之稱，民間則稱之為“牌九”。

而由骨牌到多米諾骨牌這項運動的發展，最早來源是在1849年8月16日時，一位義大利傳教士把中國的骨牌帶回了米蘭。他把骨牌當作禮物送給了他的女兒小多米諾。不久後她發現了骨牌的新玩法，她按照點數的大小以相接的方式把骨牌排列起來，再讓骨牌依序的倒下。也就因為這副骨牌與她改良的新玩法，使她的名字—多米諾，成為現今一種世界性體育運動的代稱。[3]

多米諾骨牌這項運動我們常可以從電視轉播可看到，骨牌瞬間依次倒下的場面蔚為壯觀，其間顯示的圖案豐富多姿，其中蘊含著奧妙的科學道理，在本論文中便是要詳細討論多米諾骨牌效應之間的物理性質。此效應產生的能量是十分巨大的，早在1983年大不列顛哥倫比亞大學物理學家懷特海德(Lorne A. Whitehead)就曾經製作了一組骨牌來驗證其能量之大[4]，他所準備的一組骨牌共13張，第一張為最小，其長9.53 mm, 寬4.76 mm，厚1.19 mm。之後每張骨牌體積擴大1.5倍，這樣的設計是按照前一張骨牌倒下時能夠推倒下一張1.5倍體積大小的骨牌而選定的。最大的第13張長61 mm，寬30.5 mm，厚7.6

mm。把這套設計過的骨牌進行實驗，就會發現第13張骨牌倒下時釋放的能量比第一張骨牌倒下時能量整整擴大20多億倍。可見多米諾骨牌效應產生的能量的確令人驚訝。也就因為多米諾骨牌效應，因此骨牌有著這麼多奧妙的科學，在本論文中將會製作一系列的骨牌，並利用自行設計的角速度測量器進行測量多米諾骨牌在不同的初始條件下，其運動狀態的改變與其之間的關連性。

在測量儀器的製作上，依靠現今科技的進步，我們可以使用USB (Universal Serial Bus，通用串列匯流排)介面的硬體，USB是PC(Personal Computer)週邊產品，在1995年被提出的標準連接介面，它允許當外部的硬體設備與電腦連接時，不必重新配置系統，也不必打開機殼來調整界面卡的指撥開關。它是繼ComPort連接介面的下一代簡易的USB連接介面。當連接上電腦時，電腦會自動識別這些周邊硬體設備，並且會自動選擇適當的驅動程式，不需要使用者再另外重新設定控制介面。這項發展使所有的電腦週邊產品都採用相同的USB介面，其優點在於使用者不再因介面的不同，產生相容性的問題，加上安裝容易、可熱插拔(Hot Attach &Detach)等優勢，已經完全的取代了舊有的ComPort連接介面[1]。再加上現今的微處理晶片蓬勃發展，可以輕易地找尋適合自己需要的晶片，再加以組合運用就可以有很大的用處。因此靠著今日電腦USB連接介面軟、硬體的發展，使得電腦

的偵測控制變得非常的方便，讓物理實驗設計更佳簡易。

另一方面，由於軟體的迅速發展，以及許多熱心的物理教育人士努力下，提供了許多免費的軟體可以作很好的物理現象模擬，例如“簡易Java動畫製作環境(Easy Java Simulations)”。它利用電腦模擬出的實驗結果與實驗數據相比較，能更加的印證實驗與理論的差異，提高實驗結果的準確性，本論文的分析中就會利用此方法分析。因此本論文以多米諾骨牌運動的物理實驗探討為主，並利用自製的訊號接收器，加上軟硬體的結合，進行一系列的探討與研究。



第二節 研究方法與目的

一般來說研究方的方法包含理論推導與實驗測量等兩個部分，本論文所採取的方式以實驗測量為主，再配合模擬軟體進行比較與分析。然而多米諾骨牌的測量上並沒有想像中的容易，它有一個非常困難的問題需要解決，即每一塊骨牌倒下的速度非常快，平均每塊骨牌倒下的時間在0.2秒以下，如果要用一般每秒33個格數的攝影器材拍攝，在配合影像讀取的軟體可用的數據點也只有六個點，因此必須要用到高速的攝影機，但是一般高速的攝影機價格昂貴，不容易輕易的就可以獲得，於是我們想了一個新的方法去測量多米諾骨牌的運動狀態，我們在骨牌轉軸上加裝一個摩擦力很小的可變電阻作為角速度之測量器，假設骨牌倒下時骨牌與地面沒有相對移動，該點為轉動之支點，我們只要去測量骨牌相對支點的角度隨時間變化即可，角速度測量器將角度的變化轉成電壓變化，並將此訊號輸出至電腦記錄。由於骨牌倒下的時間非常短，因此我們需要的是一個高速的訊號收集裝置，一般來說利用USB製作一個高速的訊號收集器比買一個高速攝影機便宜多了，所以我們製作了一個高速的24Bit訊號接收器，將骨牌傾倒時之角速度訊號傳至電腦記錄。在實驗訊號收集器的製作上我們利用USB連結介面製作了一個類比訊號的收受器，負責接收實驗的類比訊號，並將其類比訊號轉成數位訊號，藉由USB轉接介面傳輸到各

個電腦中紀錄。並撰寫之控制軟體，我們將在第三章「實驗設計與方法」中將軟硬體製作之細節作詳細的介紹。

將實驗儀器製作完成後，即可以用來測量骨牌在傾倒過程中角速度隨時間的變化，在第五章中我們把測量的數據，配合“簡易Java動畫製作環境(Easy Java Simulations)”這套軟體進行比對與分析，藉以解析影響孤立子(Soliton)傳播之速度因子。[5]

本論文中所需要的實驗裝置都是由元件製作而成，包括實驗骨牌、訊號接收器、軟體控制等，本都是商業化產品。我們藉由研究多米諾骨牌運動的物理性質，也製作了一個多功能之數據接收器，可以用於許多各種平台測量之USB介面。科學是實驗的科學，本實驗利用進行實驗觀察、推理、數據分析而推論出理論模型，有助於對骨牌運動之理解，骨牌是大家常玩之一種遊戲，本人認為是一比較人性化的科學學習過程；而此實驗的設計與製作之數據收集器日後仍可繼續使用於其它各種不同之實驗測量。

多半之實驗研究，都會有測量儀器的限制，能選取的研究題材也會受到限制，若能親自設計實驗裝置並改良實驗測量分析方式，那麼不管在理論或實驗上的限制，研究者可以在設計實驗的過程中，加以考慮並做出更適當的量測與精確地處理分析實驗數據，如此促進研究者科學學習的興趣、提升物理知識概念的建構，滿足研究的求知樂

趣，這是本論文中實驗設計模組的基本要求。

本論文的編排方式為：第一章主要簡介研究的動機與目的；第二章主要是建立理論模型，並推導出多米諾骨牌的運動方程式；第三章主要在介紹實驗軟、硬體的製作流程與軟體操作介面的使用方法；第四章主要描述多米諾骨牌在不同初始條件下的實驗結果並利用 EJS 的模擬與實驗結果做比較；第五章我們主要對此實驗模組設計的研究作一簡單的結論。

