

# 中華大學生物資訊學系系統開發專題報告

專題中文名稱：物理模擬程式設計(教材)

專題英文名稱：Physical simulation programming(course materials)

專題組員：何毅、曹家誠、楊若婷

專題編號：106005

指導老師：侯玉松老師

## 1.摘要

由於教育部 108 學年度起在高中的課綱有所調整，因此本專題想將高中物理的相關課程的與 python 程式設計相結合，並且學習 Vpython 套程式之設計理念與技巧。本專題將會用到的程式語言分別為 Python 為主 Scratch 為輔，以撞球在球檯平面運動的動畫為例，對此進行深度的學習分析，最後結合物理原理。

## 2.簡介

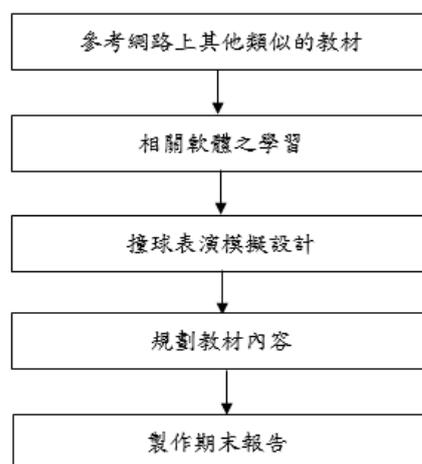
因為侯玉松老師在外教學。而本專題則是在這上面做到一定程度的延伸，並且設計一些與之相關的程式。主要是因為 108 課綱加重了高中生對程式的學習要求，我們想要將 Python 和高中物理課程結合在一起，著重於以 Python 呈現物理的定律，讓兩者結合。我們專題的宗旨在於讓學生提昇對物理的興趣，對學習寫程式能夠更具體體會到抽象的物理意義。

其實物理模擬程式設計已經在許多學校進行實施與推廣。早期就有臺大物理系石明豐教授融合電腦程

「Python」與「VPython」模組的於大一普通物理課程的跨領域學習，並向高中推廣，南港高中的高慧君老師，以及中和高中王的一哲老師在高中授課公開教材，最終我們採用臺大物理系石明豐教授的方案實施編寫，由

於大多學生 python 並不是那麼熟悉，但普遍都學習過 Scratch 語言，所以我們決定以「Python」加「VPython」為主，Scratch 為輔，編寫 Python 的同時，編寫一個 Scratch 版本，學生透過 Scratch 語言看懂 Python，來對應 Python 的語法，並且能夠理解與編寫、改寫程式語言，由於過去的教材，高中物理的一維等速運動、自由落體、拋物運動、等速率圓周運動、虎克定律等程式是分開製作的，相對而言比較零散，程式執行內容較為單調，學生普遍興致缺缺，討論最後我們決定以撞球運動為主題，描寫撞球在運動時所產生的物理定律，並以動畫的形式呈現，再增加趣味性的同時，增加實用性，達成理論與實務並重的宗旨。

## 3.專題進行方式



圖一:專題流程

### 3-1. 參考網路上其他類似的教材

一開始在進行專題時，我們參考了網路上其他類似的教材，像是台大教授石明豐推廣的 Python 與 VPython 模組的於大一普通物理課程的跨領域學習，以及南港高中高慧君老師與高中王一哲老師的物理課程講解，他們都將物理課程與程式設計進行結合，在查看多方的方法後，我們決定採用台大石明豐教授的方案，主要是他所用的程式語言是 Python，而 Python 的圖像功能相當不錯，VPython 模組也提供了多樣化 3D 圖像，同時也配合時下 108 課綱的四大程式語言，另外我們也改變了過去一維等速運動、自由落體、拋物運動、等速率圓周運動、虎克定律等分開教導的方法，以撞球運動為主題和最終目標。

### 3-2. 相關軟體之學習

由於專題想要呈現的主題需要透過 Python 和 VPython 這兩套程式去表達，因此在這學期我們將之前學過的 Python 做了一些複習，熟悉當中的語法及指令，並且花了一些時間去探索 VPython 的使用技巧。在後續準備專題的過程中，將之前於高中習得的物理觀念與一些公式，與程式的語法結合，才讓我們在老師的指導下，寫出了能夠表達撞球運動、碰到邊緣反彈、二球碰撞與撞球進球袋的過程。

### 3-3. 對主題進行編譯

本專題使用 python 與 Vpython 的模組來實施編譯，Vpython 進行 3D 建模，所有的單位均為公尺，以及各種運算皆忽略摩擦力等能量損耗因素。編譯完成後，程式可分為八個部分，分別

為

1. 球檯平面
2. 球袋
3. 遇到撞球桌邊緣反彈
4. 計算二點距離
5. 處理二球碰撞
6. 檢查某個撞球是否進入某個球袋
7. 設定撞球初始位置與速度
8. 模擬撞球運動、碰到邊緣反彈、二球碰撞、撞球進球袋的過程。

### 3-4. 規劃教材內容

我們把程式的各部分拆散作為教材使用，並依造老師過去的經驗加入了課程簡介、彈性碰撞、同質量物體碰撞程式，前三部分先幫學生了解和複習，前面程式則分成：球檯平面、球袋整合進 GlowScript VPython 概論，遇到撞球桌邊緣反彈、計算二點距離、設定撞球初始位置與速度、處理二球碰撞整合進 VPython 粒子運動程式設計撞球運動，檢查某個撞球是否進入某個球袋、【模擬撞球運動、碰到邊緣反彈、二球碰撞、撞球進球袋的過程】整合進撞球表演模擬程式設計，最終彙整出了六個部分，分別為：

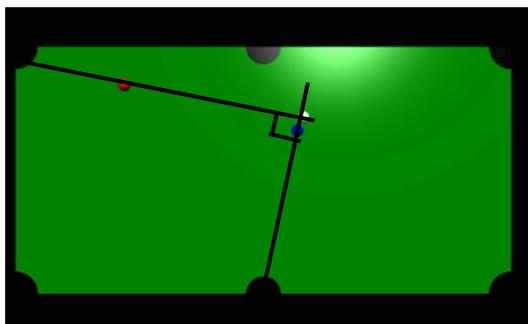
1. 課程簡介
2. 彈性碰撞
3. 同質量物體碰撞程式
4. GlowScript VPython 概論
5. VPython 粒子運動程式設計
6. 撞球表演模擬程式設計

### 3-5. 主要困難與解決之道

#### 3-5-1 主要困難：各個球心座標設定設定

若要達成影片當中的一撞進兩球的效果(圖二)，則要先預先判定白球的

球心座標，加上我們對撞球其實並不熟悉,並不清楚要如何才能達成此效果。解決之道:



圖二:紅球座標設計:藍球原本靜止，被撞後向白藍球連心線方向移動，白球只剩下垂直連心線的速度，必須與紅球與左上底袋的連心線一致。



圖三:計算白球球心座標

我們參考了現實中的撞球進行方式，逆堆白球球心座標(圖三)透過判斷其座標位置，同時讓白球反向運動(圖四)，反推其運動軌跡和座標(圖五)。

藍球球心座標 A(0.8,0.5,0)

中袋圓心座標 B(0,-0.635,0)

白球球心座標 C(未知)

球半徑=0.03

第一步:AB 向量=B-A=(0.8,0.5)-(0,-0.635)=(0.8, 1.135)

第二步:AB 向量長度  
 $=0.8^2+1.135^2)^{0.5}=1.3886$

第三步：白球球心  
 $B + 0.06 * AB$  單位向量=C



圖四:白球反向運動，反推其運動軌跡和座標，設定為5秒



圖五:回推後的座標(0.23,-0.3625,0)

3-6.人員負責:

何毅:程式編碼之編譯、主要成果與督導全組成員報告撰寫之進度

曹家誠:簡介、評估與展望、銘謝與參考文獻之蒐集。

楊若婷:摘要、教材之篩選以及專題進行方式

#### 4.主要成果

在經過討論與評估後，教材可分為6個部分:

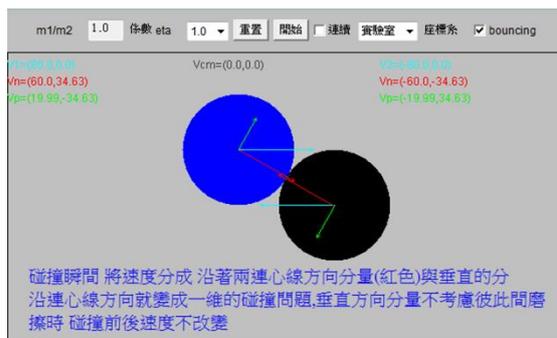
##### 4-1.物理模擬程式設計\_課程簡介

對教學內容進行說明，講述程式環境、教學內容，閱讀 scratch 程式，python 的程式設計核心(如：串列、條件判斷、迴圈、套件操作等)，學習 Vpython 套件程式設計技巧，並將 python 結合物理原理，學習撰寫撞球程式，在教學告一段時，都有一份作業，訓練學生舉一反三的能力,同時也作為

驗收，幫助學生和老師判斷學習和施教的成效。

#### 4-2.彈性碰撞

考慮到學生有自然組或者是社會組，還有程度不一的問題，所以該章節將簡單教導一維彈性碰撞和二維彈性碰撞讓等物理知識(圖六)，讓學生在編寫程式前，都具備一定的物理基礎，同時也增加一些延伸討論的內容，幫助學生能融會貫通。



圖六:彈性碰撞觀念

#### 4-3.同質量物體碰撞程式

在學生們對相關的物理知識都有一定基礎之後，先用 scratch 訓練學生的邏輯思維能力，從簡單的一維碰撞運動到二維碰撞運動，並協助學生將物理公式轉換成 scratch 積木(圖七)，加入法線和切線，來實現邊緣碰撞，以確保學生在學習 python 之前，就具備了把物理公式轉換成程式語言的能力。

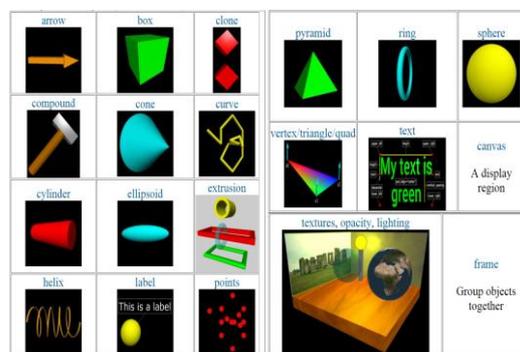


圖七:將物理公式轉換成 scratch

#### 4-4.GlowScript VPython 概論

本章正式進入 VPython (GlowScript VPython)介紹,VPython 是一個網頁版的 3D 動畫工具(圖八),可

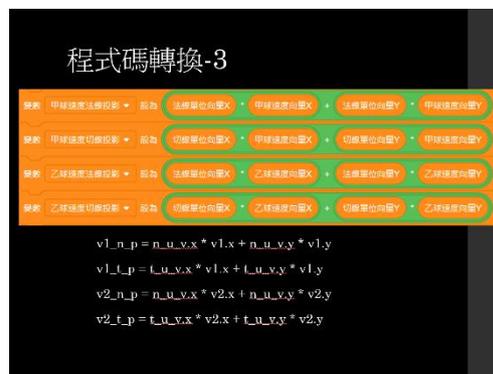
產生多種 3D 物件,如球體、長方體、圓柱體,教導學生使用指令來生成各種 3D 物件,包含調整視野,指定中心點,和長寬高、視點、相量等、由於 VPython 為 3D 動畫,有 XYZ 軸,是的座標設定較為複雜,因此本章將以圖解說明,幫助學生理解。



圖八:GlowScript VPython 網站截圖

#### 4-5.VPython 粒子運動程式設計.

本章節正式教導學生使用 VPython 模組,進行編譯,由於相對於之前的 scratch 積木,複雜程度大為增加,因此本章節將 scratch 積木和 VPython 代碼進行對照(圖九),讓學生透過 scratch 積木理解 VPython 代碼,除了增加了許多參數,來實現更多的功能外,也透過 VPython 的 3D 視窗幫助學生更直覺的達到自己想要的效果。



圖九:scratch 和 VPython 的對照

#### 4-6.撞球表演模擬程式設計

作為本教材的最終章,要將前面所學的內容用來製作與圖影片一樣

動作(圖十)，影片當中選手將白球撞至邊緣，白球經多次反彈後，把籃球和紅球接連撞到球帶袋裡，同時會涉及利用逆推座標位置，來判斷白球放置位置，以達到影片當中的戲劇化效果。

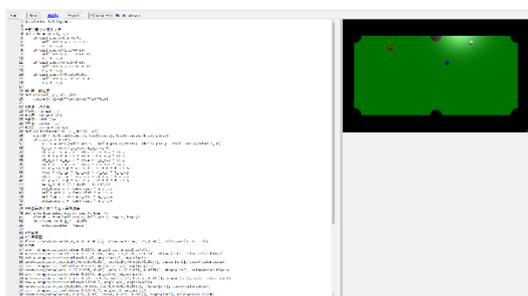


圖十:撞球示範影片

上述教材下載網址:

<https://reurl.cc/mqWey9>

#### 4-7.程式撞球表演模擬



圖十一:GlowScript 的程式介面



圖十二:執行中的動畫

程式下載網址：<https://reurl.cc/V3Gy15>

(說明：下載程式代碼的同時，下載 GlowScript3.0 壓縮檔，執行 GlowScript.html，應程式碼複製到 GlowScript，便可執行此程式。)

## 5.評估與展望

由於目前程式尚未完備，僅在 2D 平面上撰寫程式，未能發揮 GlowScript 3D 物件模擬功能，未來如果能夠 3D 化，便可利用其 3D 的特性，使此程式發揮到更廣的層面，如動畫，同時可進一步考慮撞球摩擦力、球體自轉、剝杆等模擬程式撰寫，或是增加參數的設定，可以更換參數的施力大小與方向或球檯平面的摩擦係數，不但能讓程式去討論更複雜的內容，更可以使得程式運用到其他事件當中。

## 6.結語

從物理動畫創作與程式設計的發展及實施中，我們體會到程式設計加入了物理的一些原理，改變了它的本質，而程式設計加入了物理的原理，也改變了它的學習方法。透過這一段撞球程式，學生不僅學到程式設計的基本概念，也對於物理現象與原理有更進一步的瞭解。不僅提升了對物理的興趣，也讓寫程式這件事變得較平易近人，從而讓學習程式設計變得更有效率。

## 7.銘謝

在製作本專題的過程中，承蒙恩師一貫治學嚴謹、不厭其煩的指導下，在漫漫探討專題各面向的路程上，一路探索與學習，未敢稍加懈怠。在恩師的諄諄教誨與鉅細靡遺之帶領下，開啟了浩瀚學海的大門，強調理論與實務並重的觀點，遂有此專題報告之誕生。學士學位僅為階段性之求學歷程，未來仍將秉持嚴謹態度，於學術領域、工作專業與社會服務上持續努力的學

以致用，以回報恩師給予我們的一切指導，願將這份感激之情呈獻恩師侯教授玉松。

## 8. 參考文獻

8-1. 維基百科(一維碰撞)

網址:<https://reurl.cc/Dgv83E>

8-2. 均一教育平臺(高二物理 碰撞)

網址:<https://reurl.cc/pgmVZZ>

8-3. GlowScript VPython 概論

台大物理系石明豐教授的 Vphysics

網址:

<http://vphysics.ntu.edu.tw/hcom.php>

8-4. 南港高中高慧君老師的 Vphysics

網站(<https://ssur.cc/n8Ahm8>)與均一教育平臺(<https://ssur.cc/AJRrC6>)。

(使用舊版 VPython+Python 2)

8-5. 建中賴奕帆、曾靖夫老師特色課程講義網址:

<https://vphysics.ntu.edu.tw//cktp.php>

(使用舊版 VPython+Python 2,)

8-6. 中和高中王一哲老師的教學網站

網址:<https://reurl.cc/bXzy23>

(使用舊版 VPython 7+Python 3)

8-7. 撞球表演影片

網址:<https://reurl.cc/YOWn8n>