第二十二屆
「常識百搭」
小學 STEM 探究

高主教書院小學部

智醒憤怒鳥

組員：陳崇朗同學、李文嘉同學、林震宇同學、
陳謙瑜同學、魏梓明同學
老師：黎廸康老師

目錄

1. 前言----------3

2. 目的----------3

3. 科學原理及概念----------3

4. 探究過程----------4

4.1 實驗一：測試橡皮筋被拉扯長度跟可承受重力的關係----------5

4.2 實驗二：製作及測試投射器----------8

A. 設計投射器----------8

B. 製作過程----------9

C. 投射測試----------12

4.3 實驗三：橡皮筋數目對投射的影響----------13

4.4 實驗四：投射物本身重量對投射的影響----------17

5. 製作憤怒鳥投射物----------21

6. 實驗的優點----------21

7 應用----------22

8. 未來可改善的地方----------22

9. 總結----------22

10. 感想----------23

11. 參考----------23

12. 鳴謝----------24

1. 前言

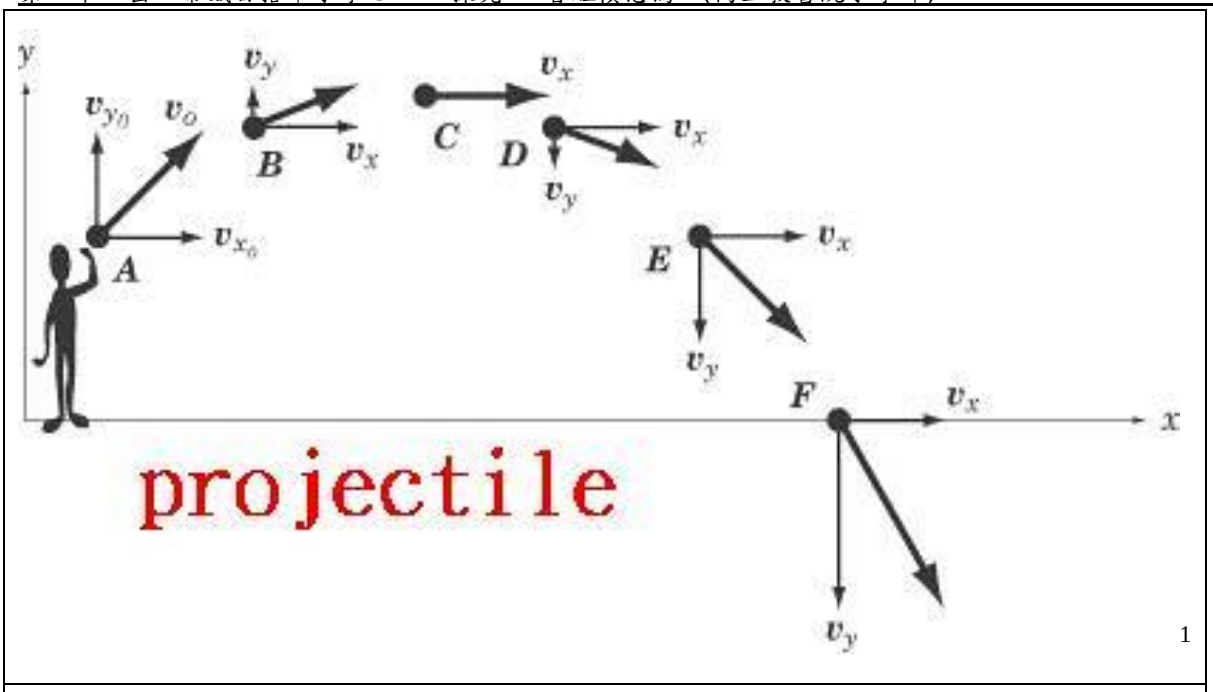
憤怒鳥(Angry Birds)智能電話遊戲於 2009 年誕生`，由一家芬蘭遊戲公司開發(參考1)，推出後不久便成為最受歡迎的益智遊戲，深受小朋友及成年人愛戴。往後數年間，遊戲公司更推出不同跨媒體商品，包括遊戲機、實體玩具、電影、動畫、服飾等。

2. 目的

家傳戶曉的手機遊戲憤怒鳥，不單止具娛樂性，內裡至勝之道亦包含不少力學、運動學、能量傳輸等科學原理。我們將利用回收材料設計憤怒鳥玩具，並進行工程優化及科學探究，從玩樂體驗中探索科學。

3. 科學原理及概念

拋射物(Projectile)是指任何受到外力推進而拋射到空中的物體。當拋射物件向空中推進時，向前的動力(沿著X軸)跟地心吸力(沿著Y軸)會使飛行路線呈現拋物線形狀，此類物件的運動型式稱為動能性拋體(Kinetic Projectile)。



[1]

相片 1: 拋射物飛行路線呈現拋物線形狀(參考2)

要成功擊中遠處的目標，拋射者需要考量多個因素，包括拋射時的水平角度、彈力的大少以及物件重量。同時，推動物件向前的動能，跟投射器的設計有關，例如橡皮筋拉扯的長度、橡皮筋數量及橡皮筋本身的彈性。本專題將會從動能性拋體力學方向出發，透過設計不同版本的憤怒鳥玩具，配合科學實驗，來探究遊戲取勝的秘訣。

4. 探究過程

動能性拋體是透過彈力(而非爆炸釋放的氣壓)，來提供飛行時的動能(參考 2)。因此，拋射物能夠飛翔得多遠或多高，跟所受到的彈力多少有關。

橡皮筋是我們日常生活中最常見的可提供彈力的小工具，它除了是文具的一種外，也常用於遊戲中，如丫义彈弓。當一條橡皮筋被拉扯得越長，它能提供的彈力便會越大。我們以胡克定律(Hooke’s law)作為基礎，量度橡皮筋拉扯長度跟彈力的關係。

[1] 圖片出處:倫的 blog　http://xination.pixnet.net/blog/post/27203934-page-378

根據胡克定律(參考 3)，當具彈性的物質被拉扯時，其所受的拉力跟伸延度成正比。

4.1 實驗一：測試橡皮筋被拉扯長度跟可承受重力的關係

目的

為了看看我們日常所用的橡皮筋是否符合胡克定律，我們設計了以下實驗。

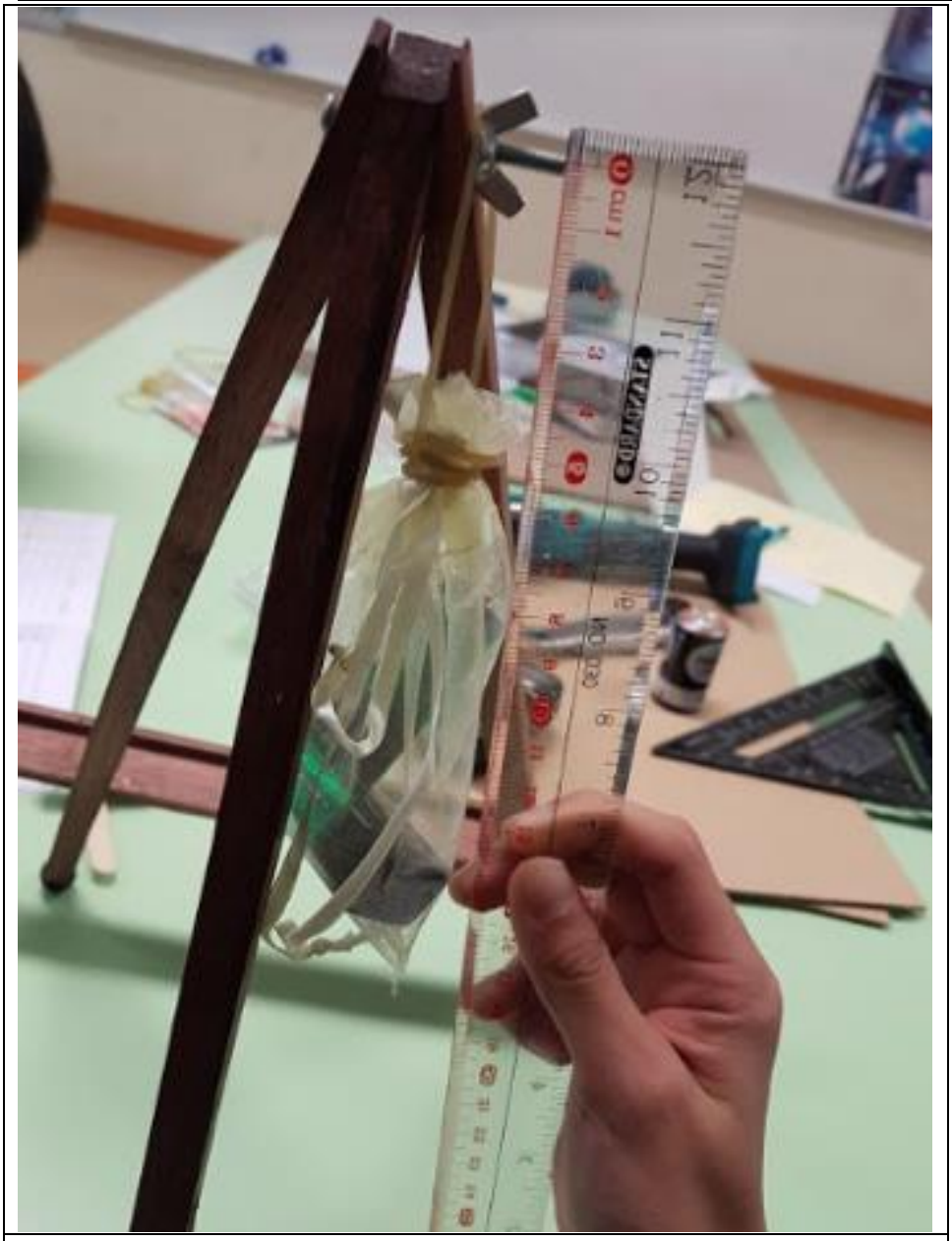
實驗材料

橡皮筋、三腳相架、紗網袋、三件不同重量的電池

實驗工具

電子磅、直尺

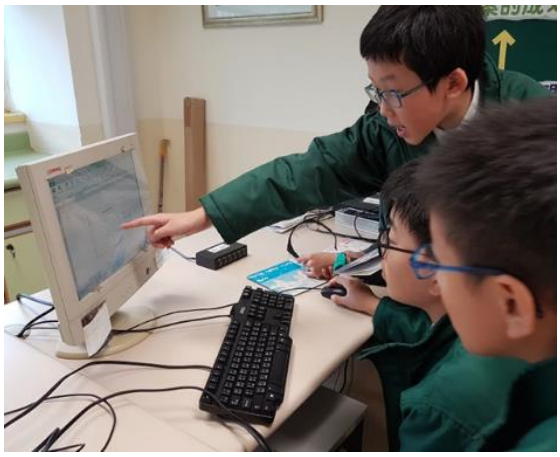
相片 2：組裝三腳相架作實驗用



相片 3：量度橡皮筋原本的伸延後的長度

實驗步驟

如相片 3 所示，我們分別把三件電池(重量分別為 72g, 105g 及 141g)放入一個紗網袋內，袋口綁上一條橡皮筋，再把橡筋安放在一個三腳相架的頂部，讓物件自然地下垂，並把橡皮筋拉長。我們用直尺量度橡皮筋原本的長度，及受不同物件拉長後的長度。將橡皮筋申延後的長度減去原本的長度，便可得出伸延長度(見表 1)。



相片 4：利用軟件 Excel 處理數據及繪圖

實驗結果

我們先收集三組不同物件的數據(表 1)，將物件重量和伸延長度以圖表形式顯出來。如圖 1 所見，橡皮筋被拉扯後的伸延長度，跟可承受重力成正比關係，顯示我們日常所用的橡皮筋符合胡克定律。

	重量 /g	原本長度 /cm	最後長度 /cm	伸延長度 /cm
1	72	5	6	1
2	105	5	7	2
3	141	5	8	3

表 1：胡克定律

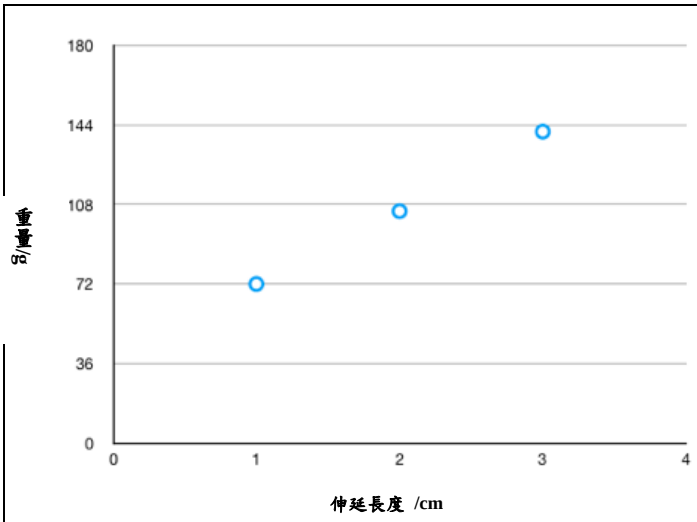


圖 1: 拉扯長度跟可承受重力的關係

4.2 實驗二：製作及測試投射器

目的

為了尋找憤怒鳥遊戲的至勝方法，我們首先設計投射器

實驗材料

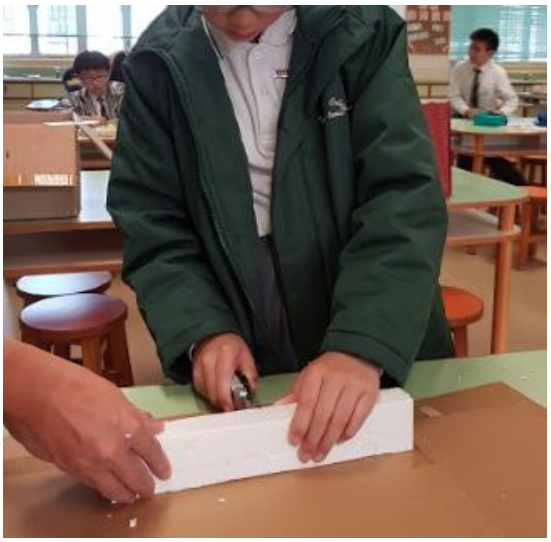
硬紙皮、發泡膠、雪條棒、木衣夾、橡皮筋、吸管、實驗室藥匙、竹筷子、本板、膠樽蓋、金屬門鉸、螺絲、熱熔膠、膠紙、報紙

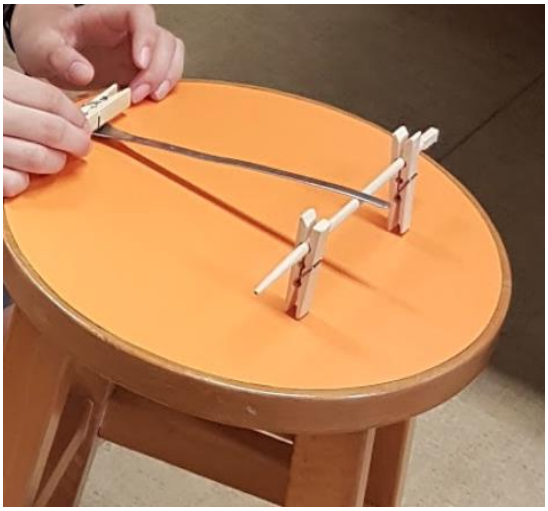
實驗工具

沙紙、直尺、護目鏡、電鑽、電動切割器、熱熔膠槍

A. 設計投射器

我們參考了不同形式的投射裝置設計，包括丫义、跳板等投射模式，以模仿憤怒鳥遊戲內的投射器。我們亦利用不同材料來製作投射器，包括硬紙皮、發泡膠、雪條棒及木衣夾等等(相片 5)。





相片 5：嘗試利用不同材料來製作投射器

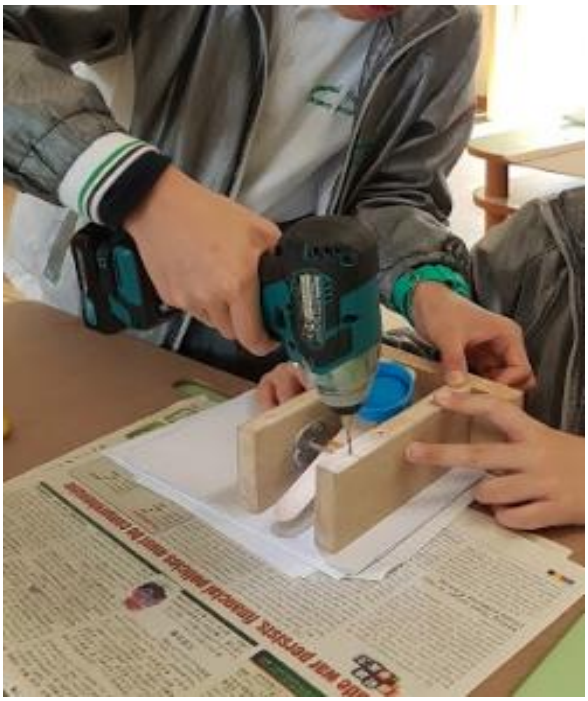
B. 製作過程

經過初步測試各個設計方案，我們選用了使用雪條棒及木衣夾來製作一個跳板形式的投射器(相片 6)。

相片 6：使用雪條棒及木衣夾製作的跳板形式投射器

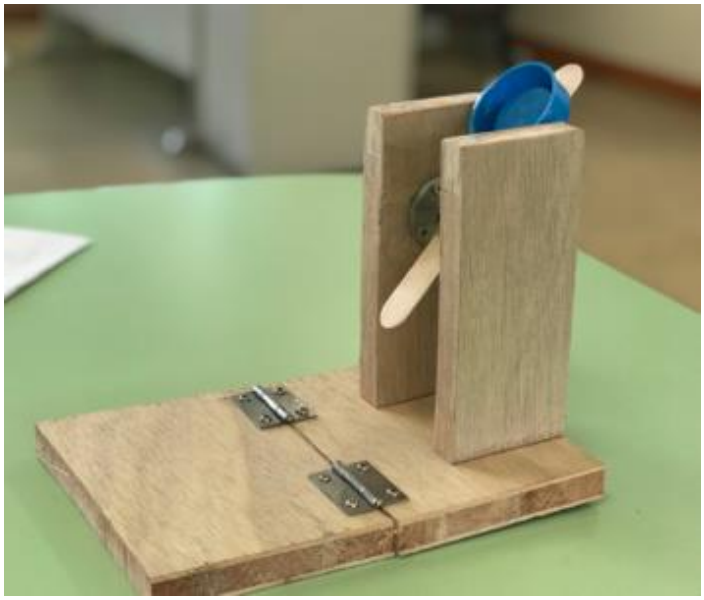
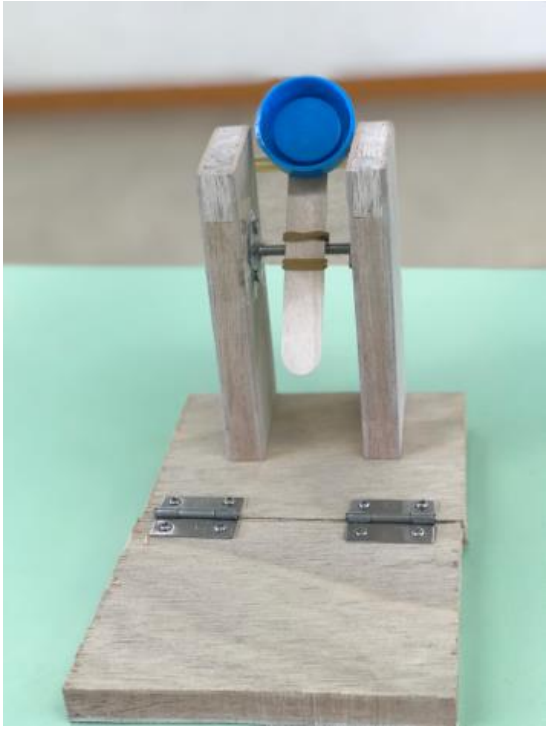
雖然這設計可以達到投射物件的效果，不過我們很快發覺它有很大問題。由於我們只可用膠紙及熱溶膠，來固定木衣架及雪條棍的位置，經過重複使用後，投射裝置很快出現鬆脫現象。

於是我們將設計進行改良，搜尋一些較耐用的物料製作另一個投射器。最後，我們選用了一些回收木塊，經過切割及沙紙打磨後，再用螺絲將木塊組件固定(相片 7)。



相片 7：(左)沙紙打磨經切割的回收木塊 (右)利用電動工具把螺絲鑽入木塊組件

經改良後的投射器由四塊木板組成，其中兩大塊木板平放，另外兩小塊直立，再加上一條木雪條棒及一個膠樽蓋作為彈版，另外，我們亦加入了一對金屬門鉸，讓我們可以調校投射器的水平角度。

	
相片 8：改良板本投射器 (側面)	相片 9：改良板本投射器 (正面)

注意事項

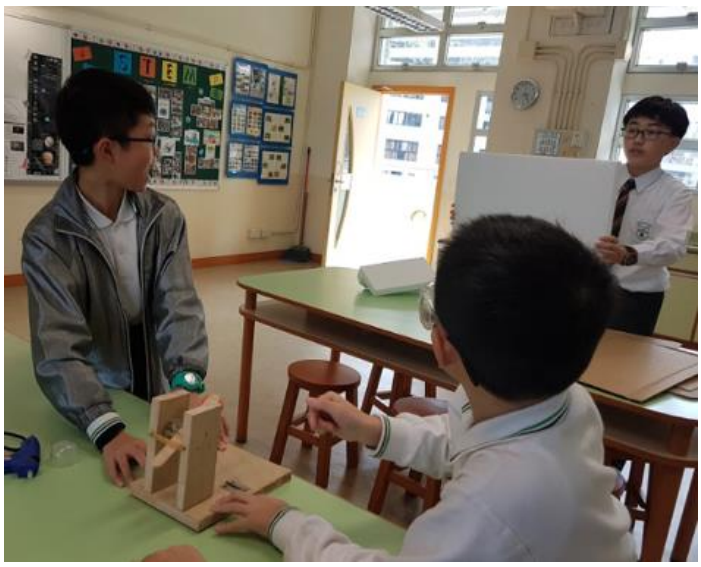
1) 製作投射器時候，我們需要時刻留意安全，包括帶上護目鏡，並要留心老師示範使用各種工具，以確保安全。

2) 在每次使用投射器前，我們需要調教雪條棒的位置，以確保它可固定在軸心中間位置，並且可以暢順地作轉動。

3) 為確保每次投射時都使用相同的彈力，我們每次都會把雪條棒按下至同一水平位置，以確保橡皮筋每次都伸延到同一長度。

C. 投射測試

我們將投射器擺放在枱上及地上作測試，效果理想。



相片 10：(上)在枱上測試 (下)在地上測試

4.3 實驗三：橡皮筋數目對投射的影響

目的

為了探究橡皮筋的數目，對投射物著地距離及頂點高度的影響，我們設計了以下的一個實驗。

實驗材料

橡皮筋、橡皮擦、貼紙

實驗工具

投射器、直尺、水松木版（用作記錄頂點高度）

實驗步驟

我們將投射器放在地上，用貼紙標記投射起點位置，再用直尺及貼紙在地上標示不同距離。我們在投射器上分別裝上一條或兩條橡皮筋，再把投射物彈出。我們將每一組實驗重複至少五次，由兩位同學分別把投射物的著地距離及頂點高度記錄低，並利用軟件 Excel 找出平均數及標準差。

相片 11：投射前預備

相片 12：同學觀察並記錄低投射物的頂點高度

相片 13：同學用直尺及貼紙在地上標示不同距離

實驗結果

我們比較了用一條或兩條橡皮筋對投射的影響，結果如下所示，多用一條橡皮筋能增加投射物的著地距離(表 2 及圖 2)，同時亦大幅增加頂點高度(表 3 及圖 3)。

	橡皮筋數目=1	橡皮筋數目=2
1	194	183
2	149	220
3	195	230
4	197	241
5	203	246
平均值	187.6	224

表 2：投射物著地距離(cm)

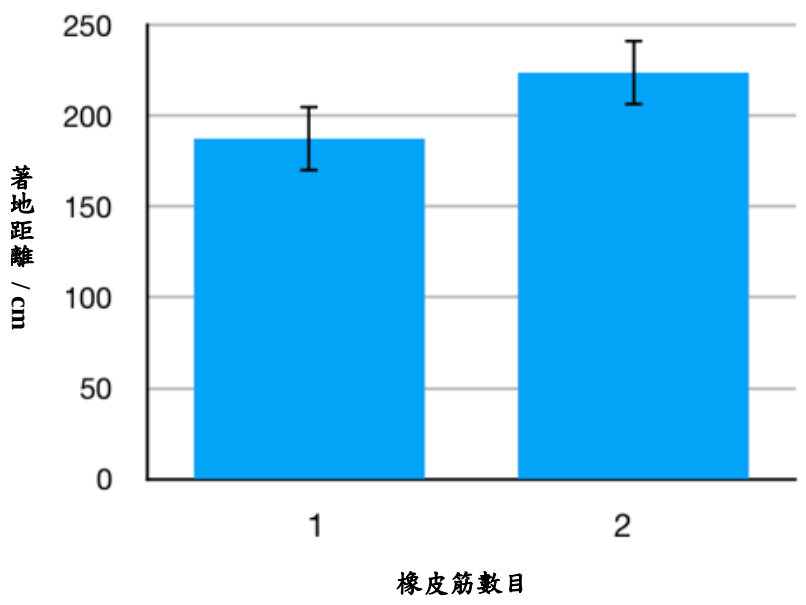


圖 2: 投射物著地距離(cm)

	橡皮筋數目=1	橡皮筋數目=2
1	49.2	80
2	49	91
3	39.2	64
4	39	78
5	38.3	102
平均值	42.94	83

表 3：投射物頂點高度(cm)

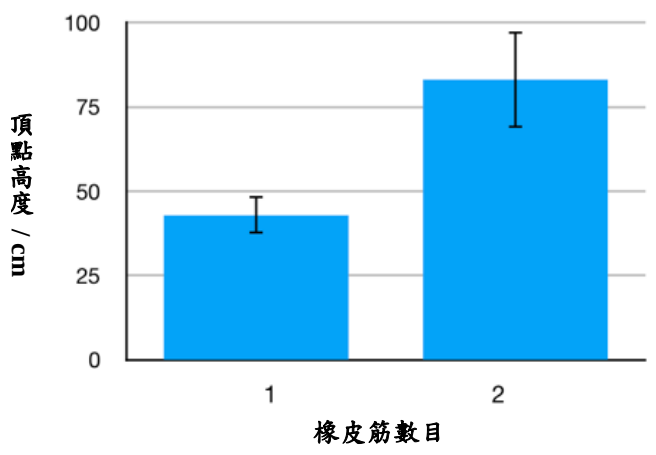


圖 3: 投射物頂點高度(cm)

4.4 實驗四：投射物本身重量對投射的影響

目的

究竟投射物越重，是否會越難投射？為了找出答案，我們選了四件重量不同的橡皮擦作為了投射物，然後量度它們的著地距離及頂點高度。

實驗材料

橡皮筋、四件橡皮擦、貼紙

實驗工具

投射器、直尺、水松木版(用作記錄頂點高度)

實驗步驟

實驗步驟跟實驗三的基本相同，除了我們只裝上一條橡皮筋作測試。四件投射物的重量分別為 6.5g、9.2g、12.3g 及 15.1g。

實驗結果

結果顯示， 投射物越重，其著地距離會越短(表 4 及圖 4)。相反，投射物越重，其頂點高度卻越高(表 5 及圖 5)

	6.5g	9.2g	12.3g	15.1g
1	168.5	161	163	131
2	236	144.5	111.8	144.5
3	234.5	149	132.4	113
4	221	204.5	88.7	128.1
5	196	142	135.5	74
平均值	211.2	160.2	126.28	118.12

表 4：四件投射物的著地距離(cm)

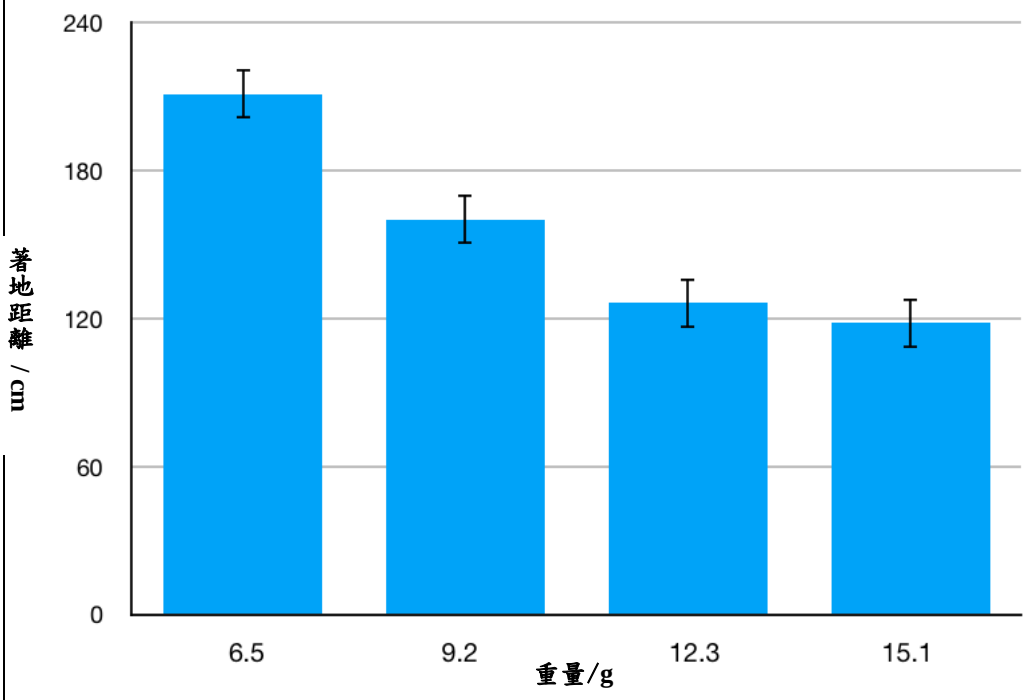


圖 4: 四件投射物的著地距離(cm)

	6.5g	9.2g	12.3g	15.1g
1	34	32.5	57.2	104.9
2	41	36	63	86.1
3	23.1	29.5	52.5	96.8
4	55.8	78	49	110.6
5	18.2	38.5	34	111.6
平均值	34.42	42.9	51.14	102

表 5：四件投射物的頂點高度(cm)

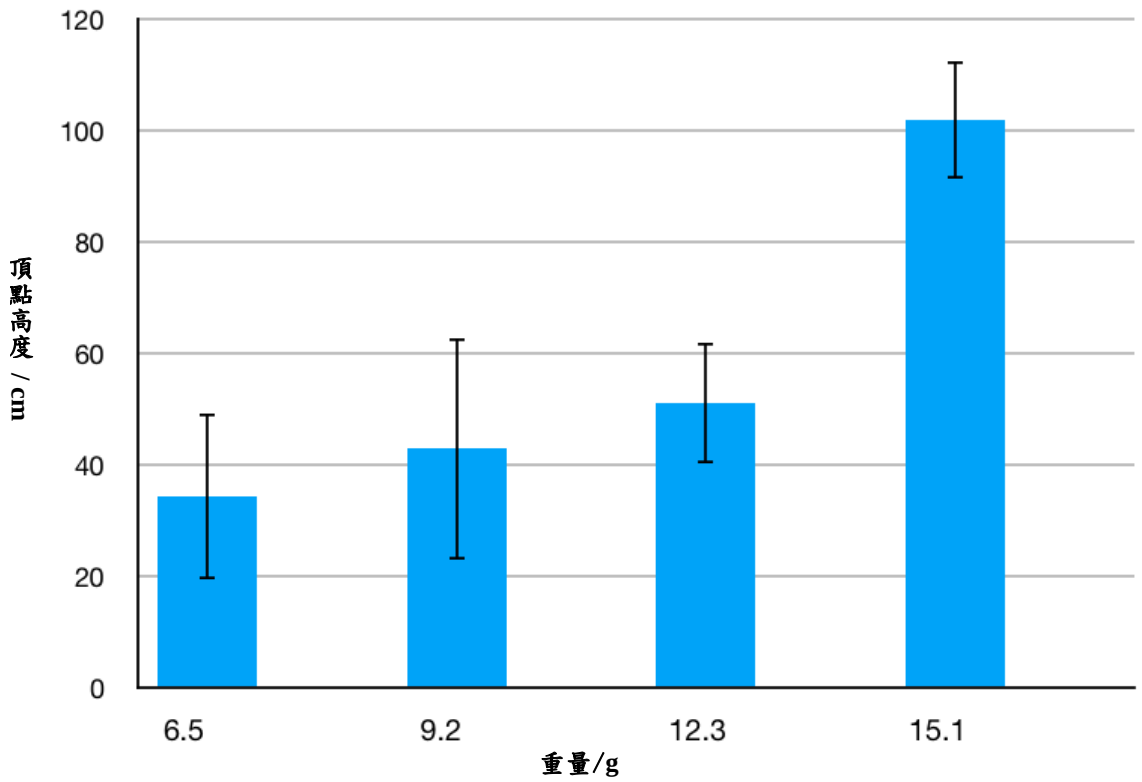


圖 5: 四件投射物的頂點高度(cm)

注意事項

1) 為了提高實驗的公正性，每一組實驗都由同一位同學負責投射，並且重複投射至少五次，然後計算出平均數。

2) 每次做實驗時，我們都選用同一條橡皮筋，或是長度相近的橡皮筋，避免使用較舊及已被過分拉長的橡皮筋，因為它們的彈力較差，未必符合胡克定律。

動能性拋體投射模型

根據實驗四的結果，我們提議以下的投射模型 ：

在相同的彈力下(相同動能)，較重的物件會被投射到較近的地方，而其最高點則較高(圖 6 的藍色線)。相反，較輕的物件會在較遠的地方著陸，而其最高點則較低(圖 6 的紅色線)。

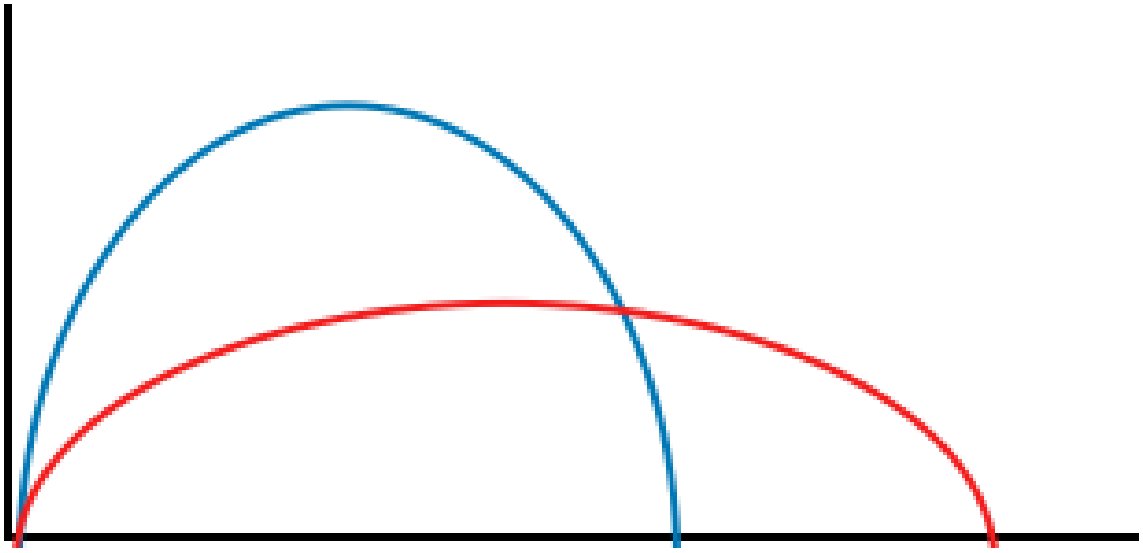


圖 6: 投射模型。藍色線代表較重的投射物的飛行路徑，而紅色線代表較輕的。

5. 製作憤怒鳥投射物

為了增加遊戲的娛樂性，我們利用軟件 TinkerCAD 設計一個憤怒了頭像，再以 3D 打印技術印製投射物出來，然後用顏料加上顏色。

相片 14：同學製作憤怒鳥頭像

6. 實驗的優點

對科學家和工程師而言，模型是一個很有用的研究工具。因為模型可以簡化複雜的自然環境，亦可以讓我們改變不同因素，從而量度不同的反應。利用模型，我們亦

可以很方便地收集數據以作分析。在這次專題探究，我們便利用木製投射器、橡皮筋等，以模仿憤怒了遊戲中的情景，從而探究拋物體投射的科學理論。

7. 應用

本專題研究透過同學們熟悉的遊戲人物，以提高我們對科學的興趣，尤其是運動力學、數據分析、工程設計、3D 打印技術等 STEM 領域。

本專題研究亦提高大眾對益智電子遊戲的認識，尤其是具啟發性、有創意的虛擬遊戲，可以幫助我們認識大自然的定律，培養科學探究精神，及增加學習興趣。

我們建議香港特區政府創新科技局及教育局一起合作，設計一些活動把更多益智虛擬遊戲實體化，從而使同學們能夠於遊戲中學習。

8. 所遇到的困難及解決方法

在實驗進行中，我們遇到不少技術問題，包括如何製作一個堅固的投射器，同時間可以提高重複性及可靠性。我們現時的投射器仍有不少缺點，包括投射角度不容易調教，亦不能安裝多於兩條橡皮筋。我們希望將來有機會利用 3D 打印技術設計一個更優良的投射器。

9. 總結

從本專題探究的實驗結果中，我們發現憤怒鳥遊戲不單止具娛樂性，同時間也包含很多運動力學、能量轉化的科學原理。我們可以透過實驗及數學來分析，找出遊戲至勝之道，並且提出一個模型來解釋我們的實驗結果。

10. 感想

陳崇朗：我在這次探究活動中學會了不少科學知識，還學懂了團體合作的重要性。

李文嘉：我在這次活動中學懂了如何記錄數據及展示數據。另外，我還學懂了利用不同的物品製作測試品，然後進行測試。

林震宇：在這次活動中，我知道有團體合作精神才能達到目標。

魏梓明：我非常高興能參加常識百搭，能代表學校參加比賽。我從實驗活動中學會了胡克定律等科學原理。如有機會，我十分樂意再次參加常識百搭。

陳謙瑜：在這次活動中，我學會了團體精神及合作的重要性。在活動中，我們要透過不同的實驗進行測試活動、亦學習了如果處理數據。

11. 參考

(1) 維基百科(2019)：憤怒的小鳥系列，瀏覽日期：2019 年 2 月 21 日，zh.wikipedia.org/zh-hk/憤怒的小鳥系列

10 日，http://www.hko.gov.hk/wxinfo/climat/greenhs/c_grnhse.htm

(2) 倫 blog(2011)：Projectile，瀏覽日期：2019 年 1 月 10 日，xination.pixnet.net/blog/post/27203934-page-378

(3) 維基百科(2019)：拋體，瀏覽日期：2019 年 1 月 10 日， zh.wikipedia.org/wiki/拋體

(4) 維基百科(2018)：胡克定律，瀏覽日期：2019 年 1 月 10 日，zh.wikipedia.org/wiki/胡克定律

12. 鳴謝

黎廸康老師和關志邦博士(校友)