

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：黎迪康老師

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

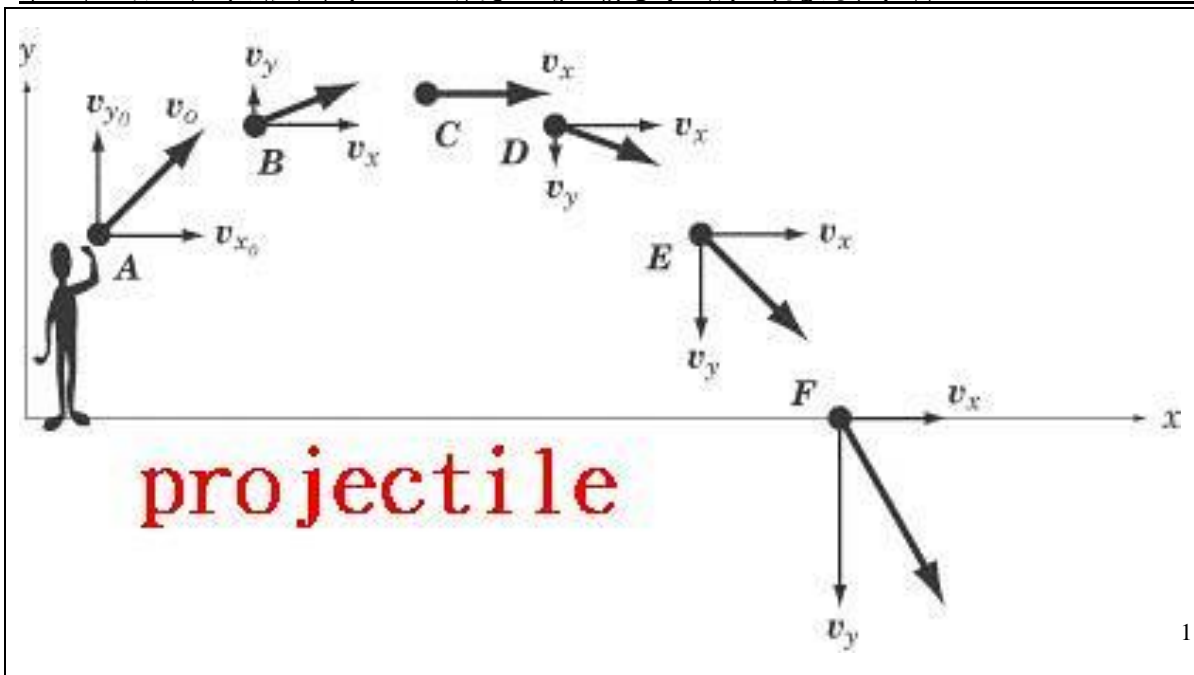
憤怒鳥(Angry Birds)智能電話遊戲於 2009 年誕生`，由一家芬蘭遊戲公司開發(參考 1)，推出後不久便成為最受歡迎的益智遊戲，深受小朋友及成年人愛戴。往後數年間，遊戲公司更推出不同跨媒體商品，包括遊戲機、實體玩具、電影、動畫、服飾等。

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)。



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，如丫叉彈弓。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。將橡皮筋伸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

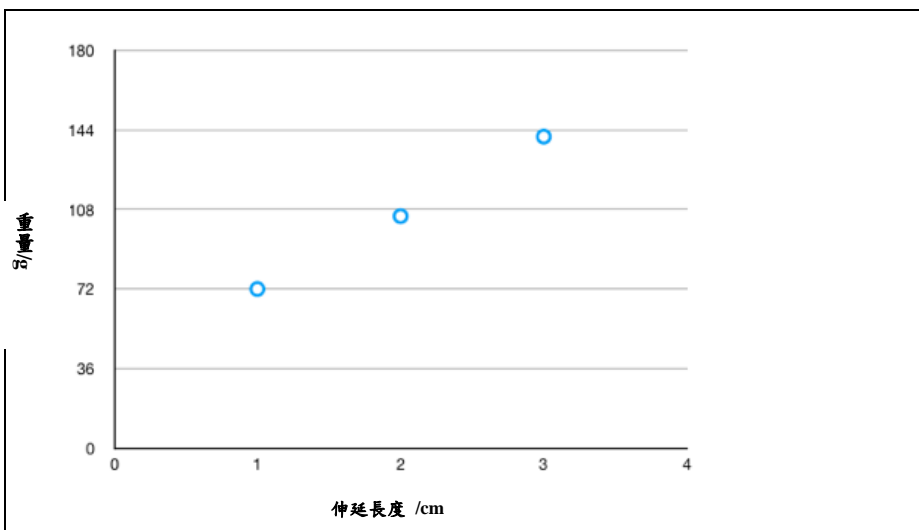


圖 1：拉扯長度跟可承受重力的關係

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

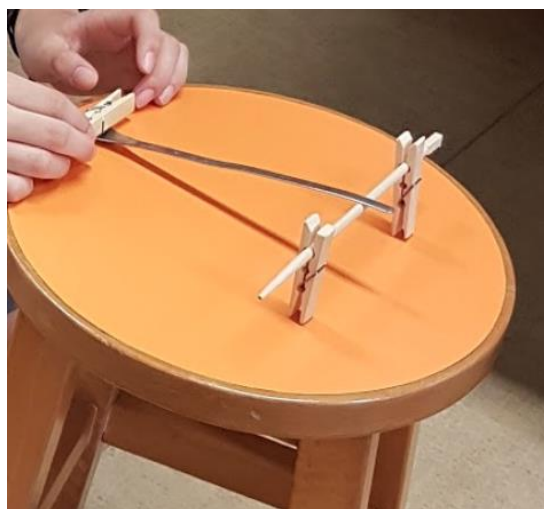
硬紙皮、發泡膠、雪條棒、木衣夾、橡皮筋、吸管、實驗室藥匙、竹筷子、木板、膠樽蓋、金屬門鉸、螺絲、熱熔膠、膠紙、報紙

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，包括丫叉、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：使用雪糕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，來固定木衣架及雪糕棍的位置，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)。

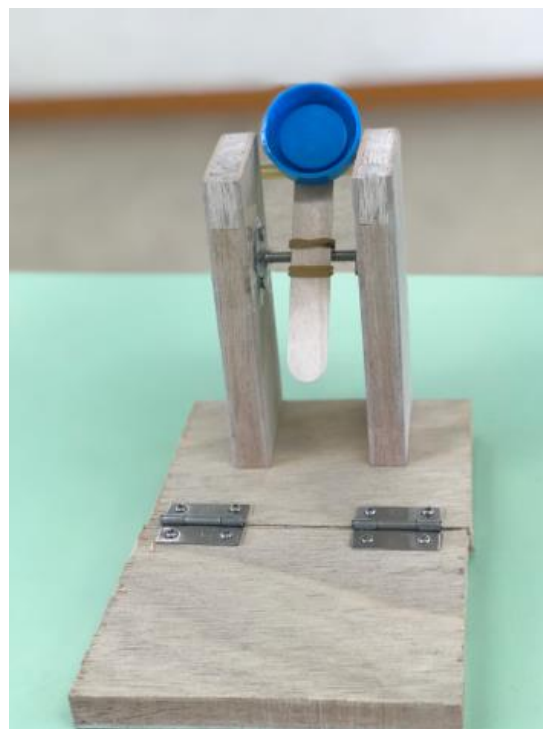


相片 7：(左)沙紙打磨經切割的回收木塊 (右)利用電動工具把螺絲鑽入木塊組件

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)

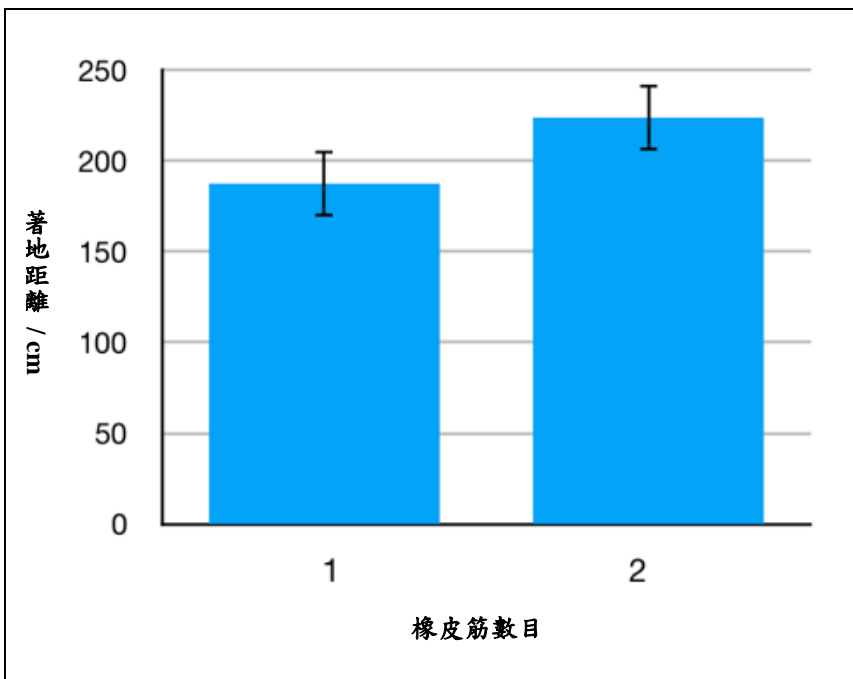


圖 2: 投射物著地距離(cm)

	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)

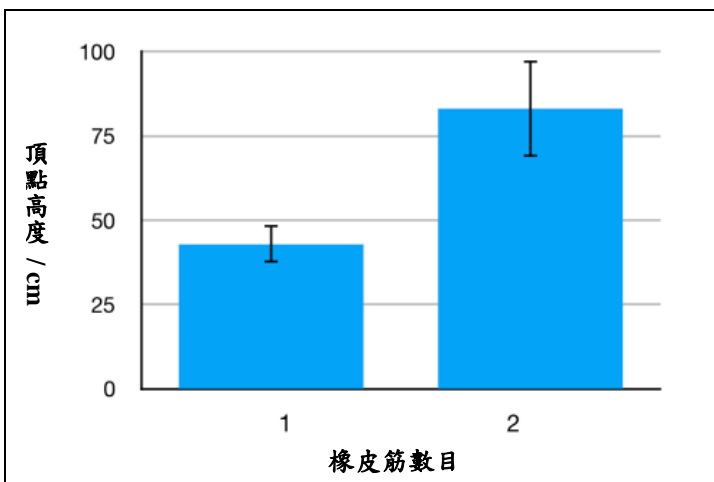


圖 3: 投射物頂點高度(cm)

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)

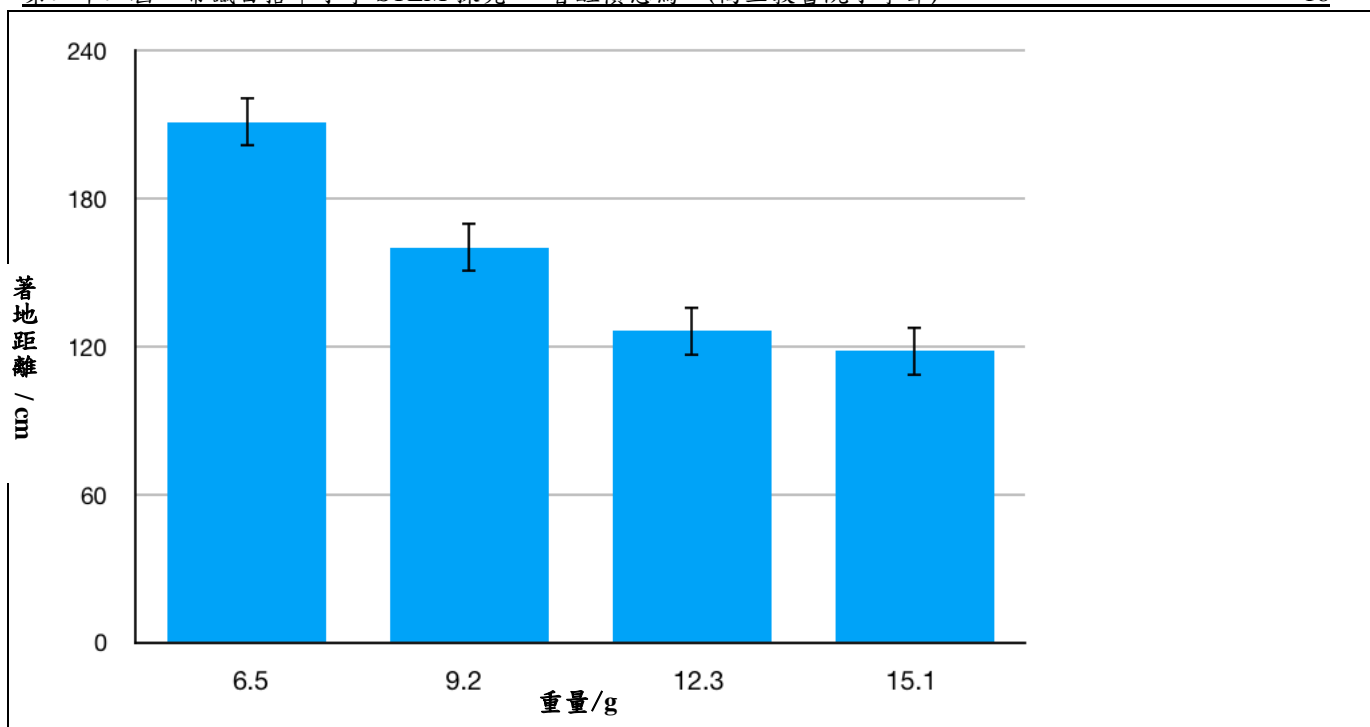


圖 4: 四件投射物的著地距離(cm)

	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)

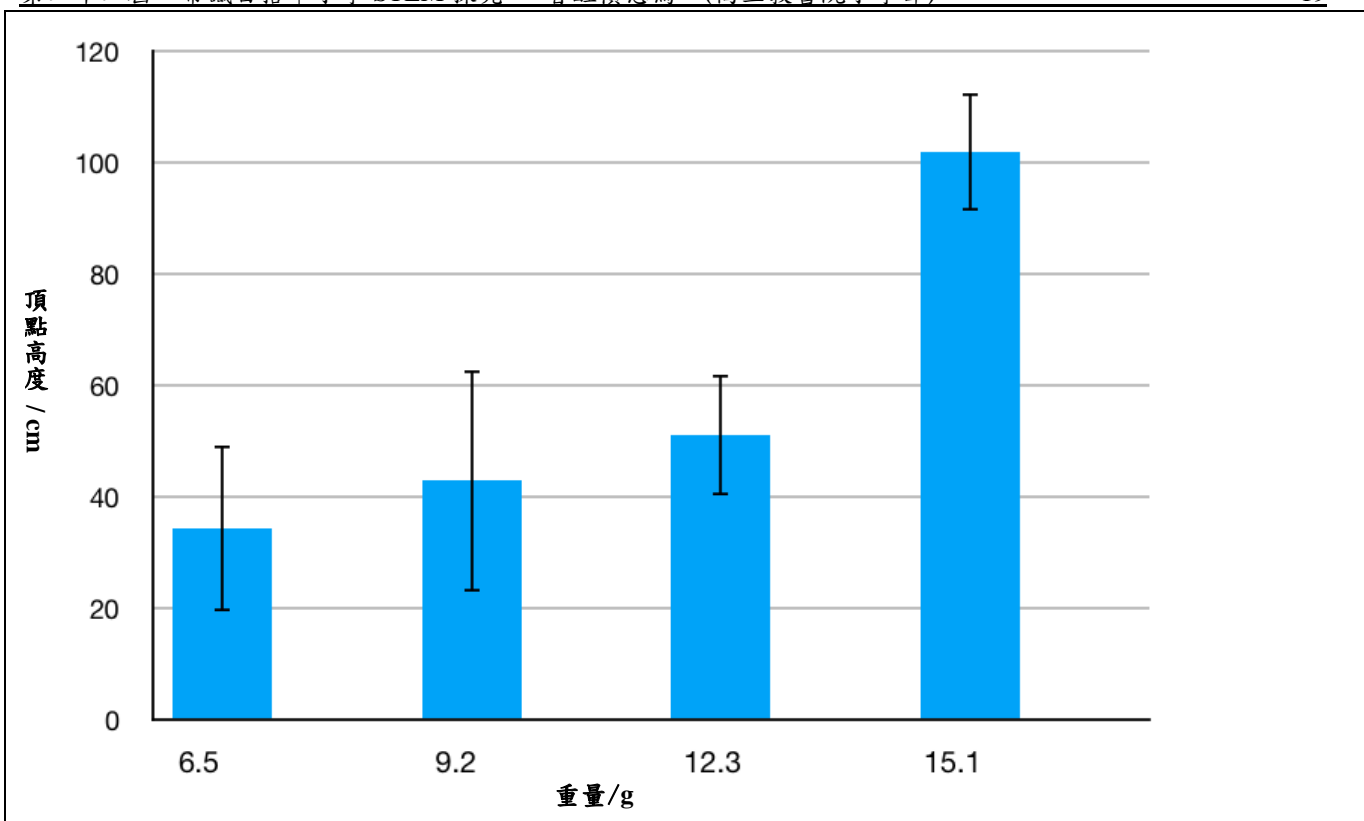


圖 5: 四件投射物的頂點高度(cm)

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)。

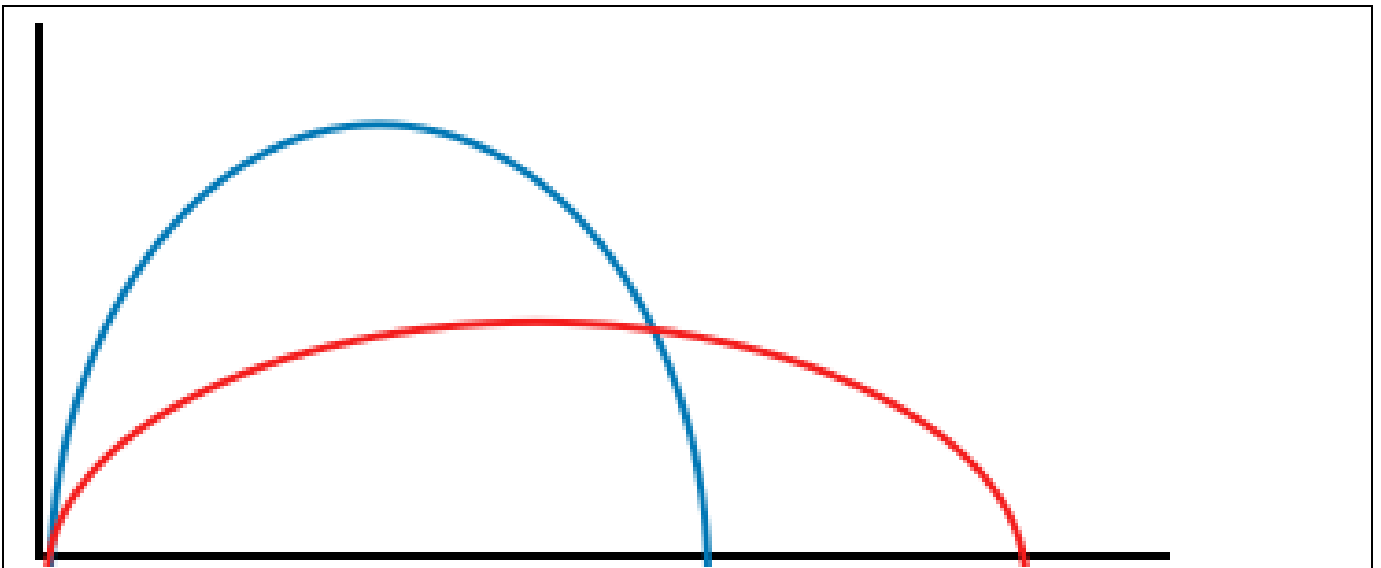


圖 6: 投射模型。藍色線代表較重的投射物的飛行路徑，而紅色線代表較輕的。

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。



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

黎迪康老師和關志邦博士(校友)