

# 中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科(二)

佳作

082914

懶人吃早餐-懸吊繩骨牌驅動機構煎蛋機之研發

學校名稱：臺北市中正區國語實驗國民小學

作者：  小五 謝亞芯  小五 莊淨仔  小五 林映彤  小五 周宏益  小五 楊舒涵	指導老師：  黃夢怡
---	------------------

關鍵詞：自動煎蛋、骨牌驅動、懸吊繩

# 懶人吃早餐-懸吊繩骨牌驅動機構煎蛋機之研發

## 摘要

如果一醒來，就有一顆熱呼呼的太陽蛋在盤子中等你，多幸福啊！於是懶得早起的我們想自製自動煎蛋機。首先我們先研究太陽蛋的美味祕訣是 220 度煎 5 分鐘，接著再分析人工煎蛋的動作，以人因工程的概念，參考魯布·戈德堡機械結構原理，藉著懸吊繩機構，將煎蛋區分為九大步驟。分別為 1 倒油動作、2 止油動作、3 敲蛋動作、4 倒蛋液動作，5 回收鋁箔滑梯動作，6 滑板鏟蛋動作，7 槓桿盛蛋離鍋動作，8 平移蛋後斜板入盤動作、9 撒胡椒動作。且利用熟悉的骨牌驅動機構完成此連續且自動化之機構，最後藉著滑輪機構而能手動回收落下的骨牌，且利用定位點機構，將骨牌放置在定位處，使整體煎蛋機機械能重複下一循環動作，確實達成生活應用之實質功效。

# 壹、前言

## 一、研究動機

在生活中，常常睡過頭，導致沒有熱騰騰的早餐，或急急忙忙的就出門了，使我們整天都沒有元氣，如果每天早上，都能吃到一顆熱呼呼外脆內軟的太陽蛋，是多幸福的一件事啊！

我們幾個對吃特別的興趣，於是決定來挑戰自己做一臺自動煎蛋裝置，幫我們自動做早餐。在進行實驗之前，我們先對市售的自動煮蛋裝置進行研究。

市售蛋料理機功能比較表（資料來自網路）

市售蛋料理機	智能煮蛋器	蛋卷機	煎蛋鍋
	 <p>智能煮蛋器 智能預約/24小時 可蒸可煮 一鍵觸控 精準控溫 4種烹飪技法</p>	 <p>不粘鍋 黑晶材質 成易取出</p>	 <p>翻 走吧! 走 走吧! 一煎蛋生煎蛋</p>
價錢	2499 元	376 元	619 元
功能	以蒸煮為主。	只能變蛋卷	可煎蛋

我們發現市面上已經有許多的蛋料理機，但是如果想吃煎蛋，還是要自己打開蛋殼，這不是我們心目中懶人會做的事，我們希望一起床，太陽蛋就已經煎好放在盤子上，拿了刀叉就可以吃了。

當然，我們要做自動煎出太陽蛋的機器，就要先知道好吃的太陽蛋的標準，因此我們對太陽蛋進行一番考究。

- (一) **蛋黃不能破**：看起來才美麗才能叫太陽蛋，直接打蛋在鍋中，蛋黃就容易破，要先打在碗中。
- (二) **不用翻面**：因此要比雙面蛋要煎的時間更久。有些專家會加水加蓋。
- (三) **正面蛋白要全熟**：蛋黃半熟才好吃，但是蛋白不能半熟。
- (四) **底面要脆不能焦**：一定要加油。

研究完，我們發現要煎出一顆好吃的太陽蛋用手工煎都不容易，要做出符合太陽蛋標準的自動裝置，要挑戰的部份還真不少，這也是我們接下來要進行實驗的重點。

## 二、研究目的

- (一) 探究煎太陽蛋的密訣及及驅動煎蛋動作的方式。
- (二) 探究以懸吊繩機構取代媽媽煎蛋的分項動作。
- (三) 探究煎蛋的分項動作需要產生的瞬間拉力所需的繩長及積木數量。
- (四) 研發用懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有煎蛋動作的方法。
- (五) 探究用滑輪機構回收骨牌重複下一循環動作的方法。

## 三、文獻回顧

### (一) 以樂高積木組成的「全自動早餐機器人」

全自動早餐機器人能煎蛋、培根，自動加鹽、胡椒粉還會把食物裝在盤子上。



Lego Breakfast Machine- MOC  
(取自 The Brick Wall Lego 頻道)

### (二) 魯布·戈德堡機械

魯布·戈德堡機械（英語：Rube Goldberg machine）是一種被設計成過度複雜的機械組合，它們以迂迴曲折的方法去完成一些其實是非常簡單的工作，例如倒一杯茶，或打一顆蛋等等。設計者必須計算精確，令機械的每個零件都能夠準確發揮功用，因為任何一個環節出錯，都極有可能令原定的任務不能達成。由於魯布·戈德堡機械運作繁複而費時，而且以簡陋的零件組合而成，所以整個過程往往會給人荒謬、滑稽的感覺。（取自維基百科）

Joseph Herscher 是 YouTube 名人，以他的頻道 Joseph's Machines 聞名。Herscher 是一位動態藝術家，專門製作滑稽的連鎖反應機器。Herscher 的許多設備都被稱為 Rube Goldberg 機器。



取自 Joseph's Machines 頻道

### (三) 歷屆科展沒有煎雞蛋的相關研究

我們發現在歷屆科展中並沒有人進行煎雞蛋的研究。目前沒有任何人研究，也就無從參考，所以我們必須靠自己的力量來打造自動煎蛋裝置。

## 貳、研究設備及器材

### 基本煎蛋設備及材料

1. 火烤兩用電鍋
2. 油瓶
3. 雞蛋
4. 鍋鏟
5. 圓型蛋模
6. 盤子
7. 胡椒罐

### 懸吊繩機構

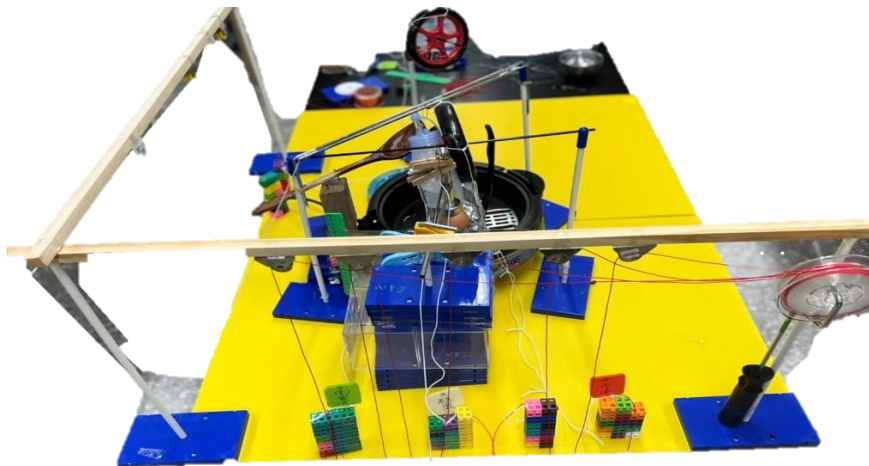
(以拉繩方式取代人工煎蛋動作器材)

1. 小車輪(倒油、胡椒)
2. 實驗室支架組
3. 棉線
4. 小酒杯
5. 大夾子
6. 布丁蛋敲蛋器
7. 鋁箔盒子
8. 木頭塊
9. 鐵釘

### 骨牌驅動機構

(產生瞬間拉力相關器材)

1. 積木
2. 彈簧秤
3. 電子秤
4. 棉線
5. 手機慢動作錄影
6. 布丁蛋敲蛋器
7. 鋁箔盒子
8. 木頭塊
9. 鐵釘



### 串聯所有動作

(連續完整煎蛋的器材)

1. 電源定時器開關
2. micro:bit
3. 步進馬達
4. 鋼彈
5. 塑膠瓦楞板
6. 鉛筆
7. 玩具軌道
8. 積木
10. 籃子(回收鋼珠)

### 用滑輪機構回收骨牌

重複下一循環動作

(連續完整煎蛋的器材)

1. 電源定時器開關
2. micro:bit
3. 步進馬達
4. 鋼彈
5. 塑膠瓦楞板
6. 鉛筆
7. 玩具軌道
8. 積木
10. 籃子(回收鋼珠)

## 參、研究過程及結果

### 研究架構

#### 實驗一

探究煎太陽蛋的密訣及驅動煎蛋動作的方式

- ◇ 適合的鍋具
- ◇ 最佳太陽蛋的溫度及時間
- ◇ 煎蛋動作動力來源（機械手臂、懸吊繩骨牌驅動機構）

#### 實驗二

探究以懸吊繩機構取代人工煎蛋的九大分項動作

- ◇ 加油入鍋的裝置及取量測試
- ◇ 各種打出雞蛋且不让蛋黃破掉的方法(布丁敲擊開蛋神器)
- ◇ 讓蛋安全入鍋的拉力動作裝置(布丁敲擊開蛋神器加溜滑梯)
- ◇ 從鍋中取出雞蛋放在盤子上的連續動作
- ◇ 自動加胡椒的方法及取量測試

#### 實驗三

探究骨牌驅動機構產生的瞬間拉力的作用

- ◇ 自由落體積木數量和繩長所達到的瞬間拉力
- ◇ 九個煎蛋動作所須拉力值
- ◇ 實測最佳繩長及產生瞬間積木數量範圍



#### 實驗四

研發用懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有動作的方法

- ◇ 實測煎蛋過程並用斜板左右滾珠設定最佳時間控制
- ◇ 用鋼彈推動懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有的動作



#### 實驗五

用滑輪機構回收骨牌重複下一循環動作

- ◇ 實測用滑輪機構回收積木的方法
- ◇ 實測利用磁鐵設定位點，將骨牌放置在定位處

市面上已經有許多現成的煮蛋機，但是我們想要達到自動煎太陽蛋，一開始都從自己的腦力激盪開始發想，希望有機會能作成功。在過程中，有非常多創新的想法，雖然失敗或是沒有遭到採用，但是也提供出來給未來想從事相關發明者參考。因此，以下的報告內容按照研究時間順序簡述創意發想及問題解決歷程。

## 實驗一 探究煎太陽蛋的密訣及驅動煎蛋動作的方式

### 實驗 1-1 探究適合的鍋具

#### 一、實驗構想

「如何能在早上六點熱鍋？」我們從最簡單的問題開始發想。很多種鍋都可以，但我們先全面思考，並進行測試，有些鍋沒用到，不過以後還是有機會可以想辦法來運用這些方式。

#### 二、實驗過程及結果

思考及初步測試組員家中及網路資料中的鍋具

鍋子型式	優點	缺點	評估及測試結果
電磁爐	可加各種鍋子	要按開關才會熱，多一個機關。	不採用
電烤肉盤	面積大	有條紋不適合蛋	蛋型不美
電小煎蛋鍋	網路小物專門煎蛋	鍋面太小，油會噴出。	未來可以試試看
火鍋燒烤兩用鍋	可調各種溫度沒有開關，通電就熱。	鍋子很大，有深度，機關要架高。	採用

#### 三、實驗討論

(一) 我們一一討論及初步測試各種鍋後，發現家中現有的火鍋燒烤兩用鍋，因為沒有電源開關，一通電就可以用，因此可以很方便使用環型計時開關，設定每天早上六點熱鍋，每次通電十五分鐘。

(二) 接下來，我們要來測試用不同的溫度設定來煎蛋的效果。



初期煎蛋測試，溫度設定好，一通電就會熱的火鍋燒烤鍋，為自動煎蛋機主體。  
此時沒加油也不沾鍋。

### 實驗 1-2 探究最佳太陽蛋的溫度及時間

#### 一、實驗構想

煎蛋的主鍋要用多少溫度才能煎熟蛋呢？蛋如何才算是最好吃呢？我們進行了一連串的測試。

#### 二、實驗過程及結果

- (一) 在鍋中放入圓型模具。加熱 2 分鐘。
- (二) 加油讓模具中都沾油。
- (三) 放蛋，在不同溫度每一分鐘用蛋糕探針測蛋白和蛋黃有沒有沾黏。
- (四) 將結果記下來。

火鍋燒烤鍋煎太陽蛋每分鐘觀察記錄表

設定溫度 時間	140 度	180 度	220 度
1 分鐘	無	無	冒小氣泡
2 分鐘	無	無	蛋鼓起來了
3 分鐘	無	無	蛋消下去了
4 分鐘	無	無	底部和四週發出焦香味
5 分鐘	無	無	蛋白表面全熟了
6 分鐘	無	無	蛋黃內部還沒熟
7 分鐘	無	底部和四週發出焦香味	蛋黃內部還沒熟
8 分鐘	無	蛋白表面全熟了	蛋黃全熟了
9 分鐘	無	蛋黃內部還沒熟	蛋黃變硬和蛋白分離
10 分鐘	蛋白的表面沒有全熟	蛋黃內部還沒熟	蛋的底面變超硬



### 三、實驗討論

- (一) 太陽蛋要用 220 度煎 5 分鐘蛋白才會全熟，沒有想到要那麼久，難怪組員媽媽們都不常煮太陽蛋。
- (二) 煎到蛋黃全熟時已經變硬不好吃了。
- (三) 用 220 度煎，底部會變成香香脆脆的非常好吃，香到吸引許多同學好奇。有這次的實驗觀察，我們對自動煎蛋器的設定更有信心了。
- (四) 我們用 220 度煎 5 分鐘又煎了四顆，品質一樣美味。



太陽蛋美味祕訣：220 度煎 5 分鐘。

### 實驗-1-3 探究煎蛋動作動力來源（機械手臂、懸吊繩骨牌驅動機構）

#### 探究機器手臂煎蛋的可能性

##### 一、實驗構想

我們在網路上看到動力機器人做的自動早餐及非常厲害因此也想用機器手臂來進行操作，正好老師教我們 micro:bit 的程，因此我們就在想用的機器手臂的可能性

##### 二、實驗過程

我們先組裝實驗室的機器手臂，試著將它安裝在鍋邊對鍋中的雞蛋進行夾取，這時候發現嚴重的問題，鍋子很燙馬達的外殼都是塑膠，一不小心就有燒壞的可能。另外，我們用來測試最常用的步進馬達的動力太小，根本沒有辦法把模具夾起，因此無法使用機器手臂進行實驗，也許之後設計不一樣的手臂或者是馬達後可以再次使用機器手臂。

		
1. 組裝機器手臂。	2. 測試夾模具，夾不起來，馬達不夠力。當場壞了兩顆。	3. 鍋子太燙，手臂太短。以後有金費再來研究。

### 三、實驗討論

(一) 看過樂高積木全自動早餐機器人的影片後，我們發現只要有幾個簡單的動作，就能達到打蛋和取蛋的過程，不會太困難。但問題是我們沒有經費使用樂高機器人的主機，本來想利用簡單的機器手臂進行簡單的動作。但是手邊有的機器手臂也太小了，不得已只好放棄機器人這條路。

(二) 因此金費不足的我們決定採取另外一種比較複雜但是省錢的方式，使用魯夫戈德堡機械的理念，運用生活中的物品的動力傳送達到我們煎蛋的目的。

#### 懸吊繩骨牌驅動機構的可能性

##### 一、實驗構想

其實我們對魯夫戈德堡機械不太熟悉，因此我們開始看 YouTube Joseph's Machines 的影片，看過大量的影片後我們進行了深入的分析和測試。

##### 二、實驗結果

我們的目的其實不是化簡為繁的藝術性展現，而是用生活中的物品達有效的傳遞動力，我們歸納出三種我們可以利用的機關，成功測試後運用在我們的自動煎蛋裝置上。

1. **懸吊繩機構**：以繩子的拉力來產生煎蛋動作所需要的單方向動力，只要把人工煎蛋的動作拆解成單方向動作，就能用懸吊繩來取代人工動作。
2. **骨牌驅動機構**：以鋼珠推倒積木由高處落下產生瞬間大動力，只要重物落下的方向對，可以取代強扭力馬達。
2. **斜板左右滾珠延長動作時間**：類似 micro:bit 程式中的時間控制

## 實驗二 探究以懸吊繩機構取代人工煎蛋的分項動作

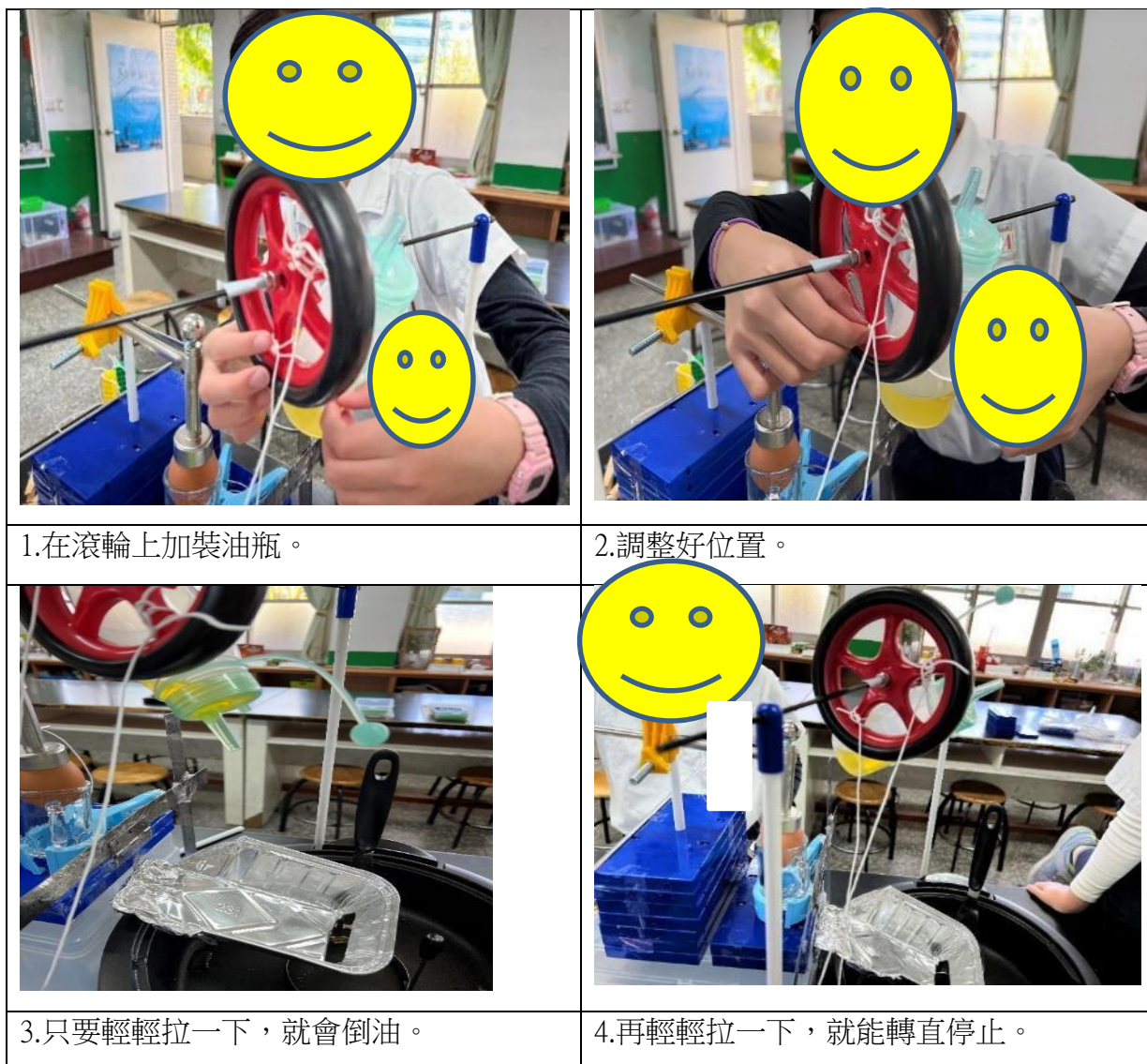
### 實驗 2-1 研發加油入鍋的裝置及取量測試

#### 一、實驗構想

煎太陽蛋的關鍵在於油，我們想到利用輪子的轉動來當機關，必須倒油也必須停止。而油的重力幫了我們的大忙，只要輕輕施力，就能順利倒油，輪子也不會亂晃，倒油是熱鍋後的第一個動作。

#### 二、實驗過程及結果

(一) 以實驗室支架及滾輪設計取代人工倒油、止油動作



#### (二) 油量測試

1. 取 100ml 的油放在油瓶中。
2. 測試每秒可以倒出多少毫升的油量。
3. 測試不同的油量煎蛋的效果，找出最佳倒油時間。

油瓶倒油時間、油量和煎蛋效果測試表

時間	1 秒	2 秒	3 秒	4 秒	5 秒	6 秒	7 秒
油量	1ml	1.5ml	2ml	2.5ml	3ml	3.5ml	4ml
煎蛋效果	油只有一滴，旁邊會黑黑的。	油不滿蛋模，旁邊會黑黑的。	油不滿蛋模，旁邊會黑黑的。	油可以填滿底部，但是蛋模上沒有油，蛋會黏在蛋模上。	油可以填滿底部，蛋模上也有油，蛋模一拉起，蛋就取出。成功!	油可以填滿底部，蛋模上也有油，蛋模一拉起，蛋就取出。成功!	油太多蛋液放進去會滿出來!

### 三、實驗討論

- (一)我們用的是塑膠油瓶，在沒有擠壓的情況下，油是一滴滴的在滴，不會一直流出來，在一拉滾輪時，油一開始會比較多，接下來會慢慢的滴。
- (二)實測結果，我們的裝置在滴 5 秒和 6 秒時，煎出來的蛋不但不會焦，而且蛋模一拉就脫落，蛋不會黏在蛋模上。
- (三)因此我們倒蛋和止蛋兩個動作隔 5 或 6 秒，最能煎出成功的蛋。

### 實驗 2-2 測試各種打出雞蛋及不讓蛋黃破掉的方法

#### 測試各種能打出雞蛋的方法

#### 一、實驗構想

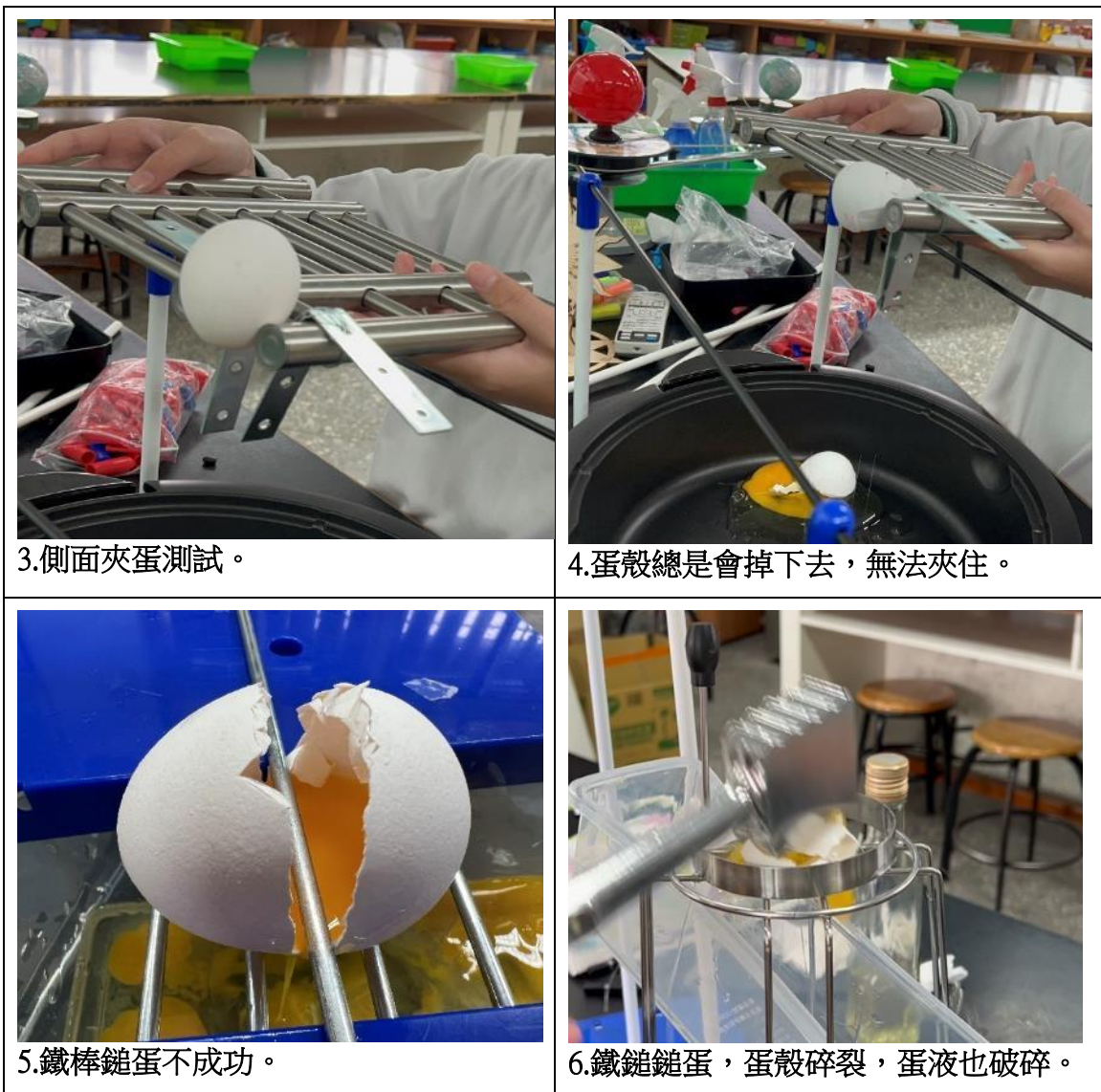
我們因為之後要利用簡單的機器去破蛋，因此想出一些簡單的方法去打破蛋殼，我們想出側面壓蛋、高空投蛋、上方鎚蛋的方法，並仔細觀察蛋破的情形。

#### 二、實驗過程



1. 高空投蛋 50 公分不會破

2. 高空投蛋 60 公分，破蛋順利。



### 三、實驗結果

測試各種打出雞蛋的方法紀錄表

	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	成功率
高空投蛋 從 60 公分高	破殼成功	蛋碎沒破 失敗	破殼成功	掉到外面 滾到地上 (失敗)	掉到桌面 蛋液流滿 桌(失敗)	40%
側面夾蛋	沒夾好滾 走	夾碎的蛋 殼也掉下 去	夾蛋裝置 歪來歪去 夾不好	掉一半的 蛋殼	宣告失敗 不再實驗	0%
鐵棒鎚蛋	蛋裂兩 半，蛋液 掉不出去	蛋裂兩 半，蛋液 掉不出去	結果相同 不再進行 研究	結果相同 不再進行 研究	結果相同 不再進行 研究	0%

鐵鎚鎚蛋	蛋殼破裂，蛋液也破碎	蛋殼破裂，蛋液也破碎	蛋殼破裂，蛋液飛濺	鐵鎚太重，不好控制。不再進行研究	鐵鎚太重，不好控制不再進行研究	0%
------	------------	------------	-----------	------------------	-----------------	----

#### 四、實驗討論

(一) 空投法是目前唯一有成功的取蛋法，但是我們發現蛋都從高空掉入鍋中，就破了，原本想說沒有關係，但是為了不浪費蛋，實驗完我們都會煎來吃掉，但是發現破掉的蛋和之前我們煎的太陽蛋比起來，實在是太不好看了，嚴重影響食慾。




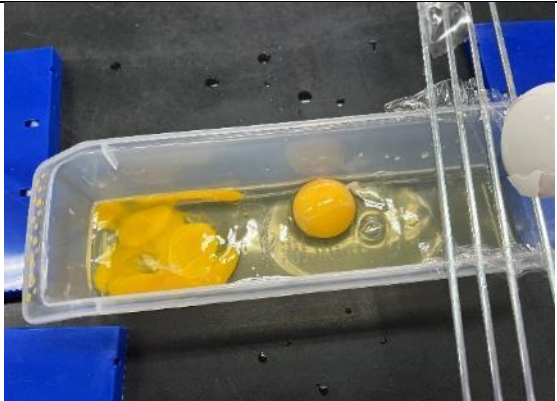
(二) 因此，因此，不管怎麼樣，我們都要想出能夠打出完整蛋黃的裝置這是我們最煎蛋器的基本要求。

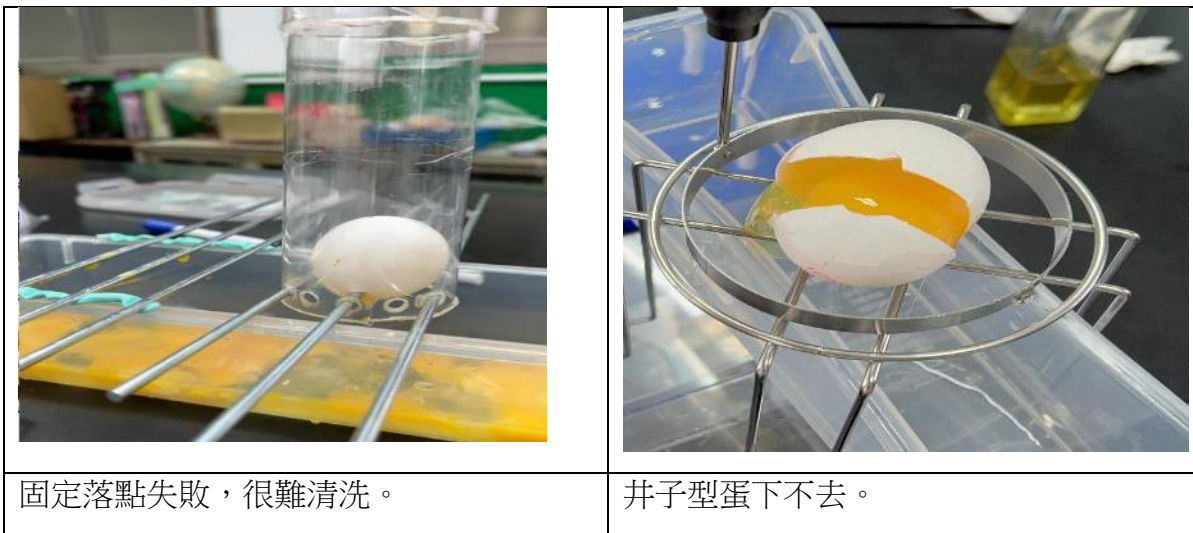
#### 測試不讓蛋黃破掉的方法

##### 一、實驗構想

我們發現這些空投蛋在網架的地方就已經破裂了，因此想改變不同的網架看看會不會有不同的結果。此外不管什麼樣的網架都不能夠讓蛋液撞擊鍋面，因此必須在破掉後立刻流入溜滑梯，才能確保蛋黃的完整。

##### 二、實驗過程

	
細網失敗	粗網蛋殼也會一起下去
	
自製細網 60 公分不夠高	加到 70 公分，成功一顆。



### 三、實驗結果

- (1) 所有高空測試的結果都沒有辦法全副成功地讓蛋黃不會破掉，因此我們決定改用其他的方法。
- (2) 當然如果沒有堅持不讓蛋黃破掉的話也是能夠很成功地讓蛋殼和蛋液分離。



蛋黃破也是可以吃的

## 實驗 2-3 測試讓蛋安全入鍋的拉力動作裝置(布丁敲擊開蛋神器加溜滑梯)

### 一、實驗構想

我們想到有一些甜點裡面的雞蛋布丁，蛋殼能夠完整的保留，因此給了我們的靈感，也許我們可以用其他的方式敲開彈殼而不用從高處把它落下。等蛋殼的某處被撬開後再用倒的方法把雞蛋倒出，一定可以確保雞蛋的蛋黃的完整性。於是我們在烘焙店找到了這個神秘武器--敲蛋殼神器。

## 二、實驗過程



1. 烘焙店專售-敲擊開蛋神器。



2. 拉開上方鋼珠，卡上機關，線一拉，蛋就開了一圈洞。



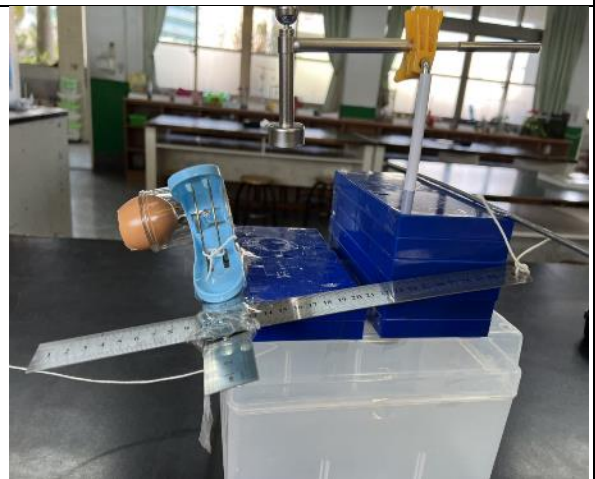
3. 完整的蛋黃保留在蛋殼中。



4. 用長夾、實驗支架組裝開蛋裝置。



5. 敲下去時蛋正好卡入杯中。



6. 用長尺製作傾倒機關。線一拉就倒。





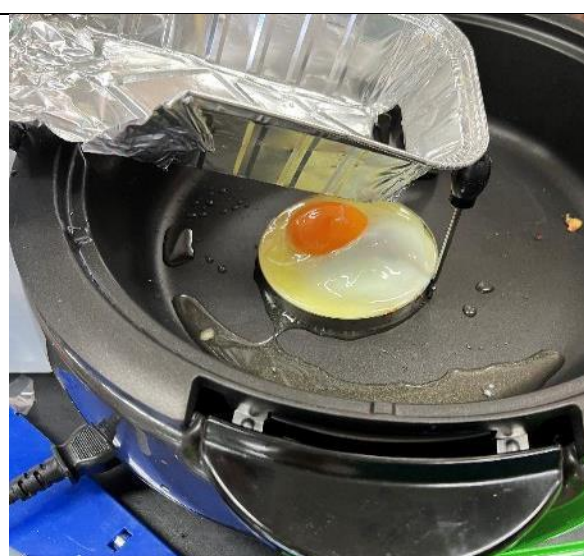
7.加裝鋁箔溜滑梯，



8 讓蛋滑入蛋模中，才不會破掉。



7.溜滑梯可以拉起。



8. 多次成功製作零失敗的太陽蛋。

### 三、實驗討論

- (一) 我們終於成功地找出把雞蛋放入鍋中而蛋黃不會破的方法，雖然之前花了非常多冤枉路，吃了非常多顆蛋。但是也讓我們越來越了解蛋的結構。
- (二) 要想要保持完整的蛋還是要借助專業的烘焙神器，只要輕輕的一敲能夠在雞蛋的一端形成完美的裂痕，簡單設計傾倒機構，蛋就順利地滑下來了。
- (三) 同時我們的滑梯不能用塑膠，因為會融化。因此我們用蛋糕鋁箔方便剪裁又不會融化。可以說是非常完美的設計，成功時我們自己都非常的高興。

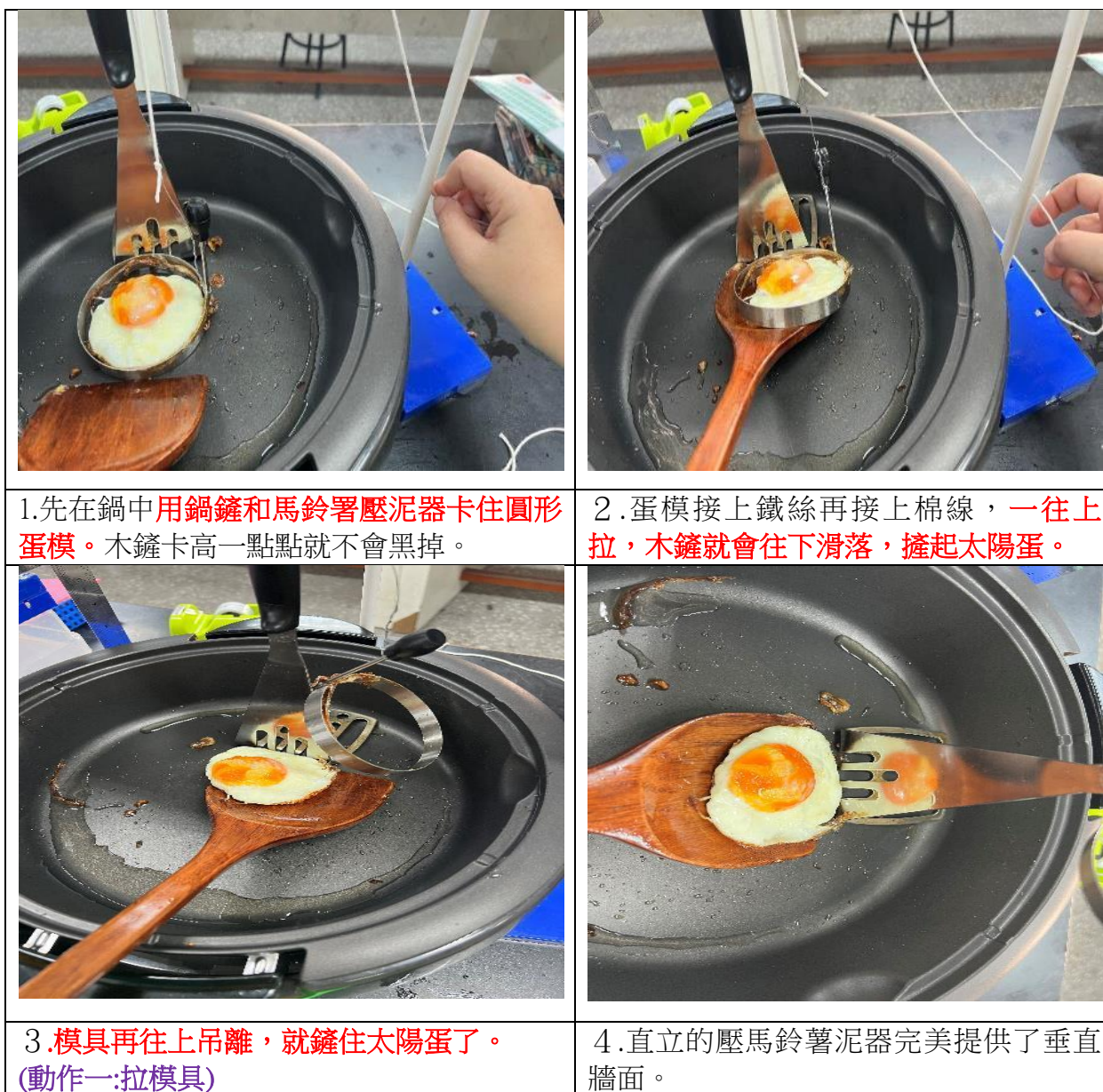
## 實驗 2-4 測試從鍋中取出雞蛋放在盤子上的連續動作(利用斜板精進連續動作)

### 一、實驗構想

怎麼自動把蛋取出？我們花了很多時間去構想，並使用各種不同的鍋鏟和廚具來嘗試將蛋自動取出。我們試過使用夾子、推動的方式，甚至嘗試使用釣鈎，但都並不容易。最後，經過不斷的試驗和嘗試，我們找到了一種既方便又流暢的方法，只需要四個動作：拉、抬、移、轉，就能輕鬆地取出太陽蛋。我們還為這種方法命名為「聰明卡蛋法」。

### 二、實驗過程

#### (一) 四個動作取蛋入盤：拉、抬、移、轉的「聰明卡蛋法」





5 利用槓桿原理，平抬鏟子。(動作二:抬)



6 利用看書夾上的卡位，平移出鍋。(動作三:移)



7.在鏟子後方接上十字鐵尺，輕壓右側就能翻轉，但轉太多就會翻面，因此只能轉30度，讓蛋正面向上滑落。(動作四:轉)



8 成功取出太陽蛋。

## (二) 利用斜面精簡取蛋連續動作：三個動作：拉、抬、移同時轉

因為我們發現動作太多了，所以我們嘗試縮減動作，利用斜板原理將兩個動作變為一個動作，原本的動作是在省力槓桿升起蛋離鍋動作後進行：

1. 蛋平移動作
2. 蛋傾斜倒蛋動作

我們在不斷的測試下，發現**只要傾斜架子，就能把兩個動作二合一**，動作更精簡利落，我們將蛋平移動作兼蛋傾斜入盤動作合而為一。



1. 先把木頭下方用實驗支架改**成右高左低的斜度**。



2 用電鑽在鍋鏟中鑽一條長洞。



3. 把鍋鏟用釘子固定在木塊上，可以自由的前後滑動。



4. 加上水平鋼片防止鏟子太快傾斜讓蛋落回鍋中。加一鐵釘固定平移位置。



5. 用聰明卡蛋法卡住模具，模具往上吊離  
(動作一:拉模具)



6. 鏟子因重力下滑就鏟住太陽蛋了。



7. 利用槓桿原理，平抬鏟子。(動作二:抬)



8. 利用傾斜架子，把蛋平移動、蛋傾斜入盤動作兩個動作二合一。  
(動作三:移同時轉)



9. 不斷調整斜度，太斜時，蛋入盤會翻半圈。



10. 斜面成功讓鍋鏟平移時也轉了角度，讓蛋順利正面向上的入盤。

### 三、實驗討論

- (一) 起初的二個動作，在我們嘗試縮減動作的過程中變成了一個動作蛋平移動作兼蛋傾斜入盤動作。這個變化使得動作數量減少，同時體積也縮小了。
- (二) 要能成功取蛋，真是花了我們最久的時間，測試了無數次，不斷加裝小零件測試，從失敗中找問題，看似簡單的斜面，卻能讓動作如行雲流水般流暢，這是我們歷經多日的心血結晶，我們的創新讓我們更有信心。

### 實驗 2-5 研發自動加胡椒的方法及取量測試

#### 一、實驗構想

因為有之前加油的經驗，這次加胡椒我們一樣用輪子，只是胡椒只要灑一下就會有很多，機關只要一個。因此調整胡椒位子永遠保持開口向上，但只要輕輕一拉往下

擺動的瞬間，胡椒就會掉落，但之後因為重力，灑完就會回到原位。

## 二、實驗過程

### (一) 用滾輪和支架組設計撒胡椒裝置

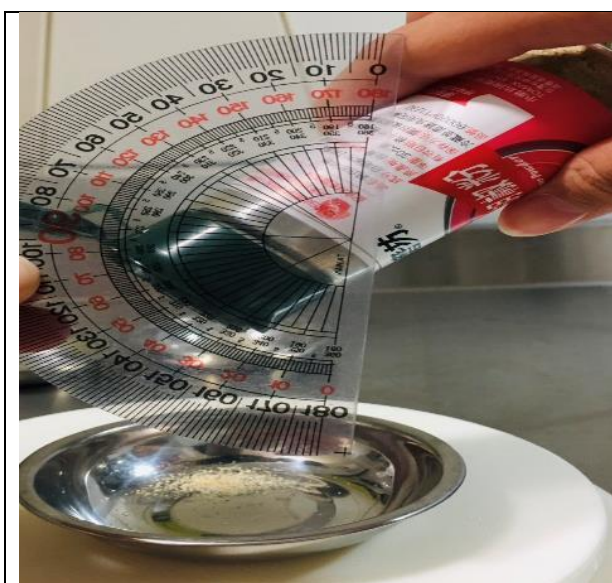


1. 用支架和輪子固定胡椒。

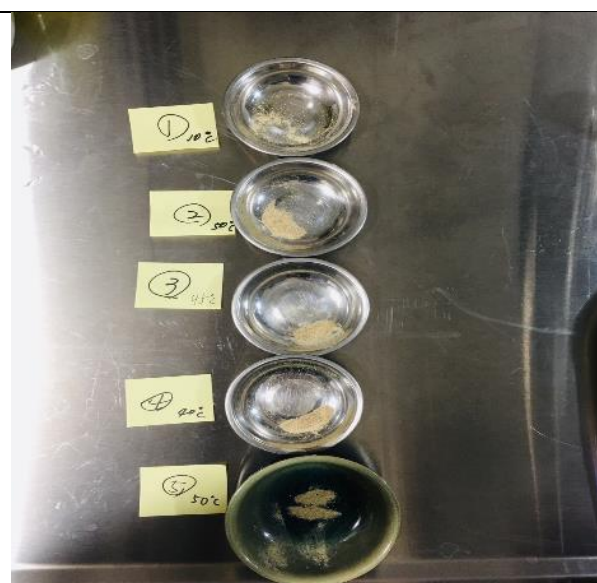


2. 測試多次，讓胡椒粉灑在盤子上。

### (二) 胡椒取量測試



1. 用人工方式用不同的角度倒胡椒。



2. 分析倒胡椒的角度和倒出量的關係。

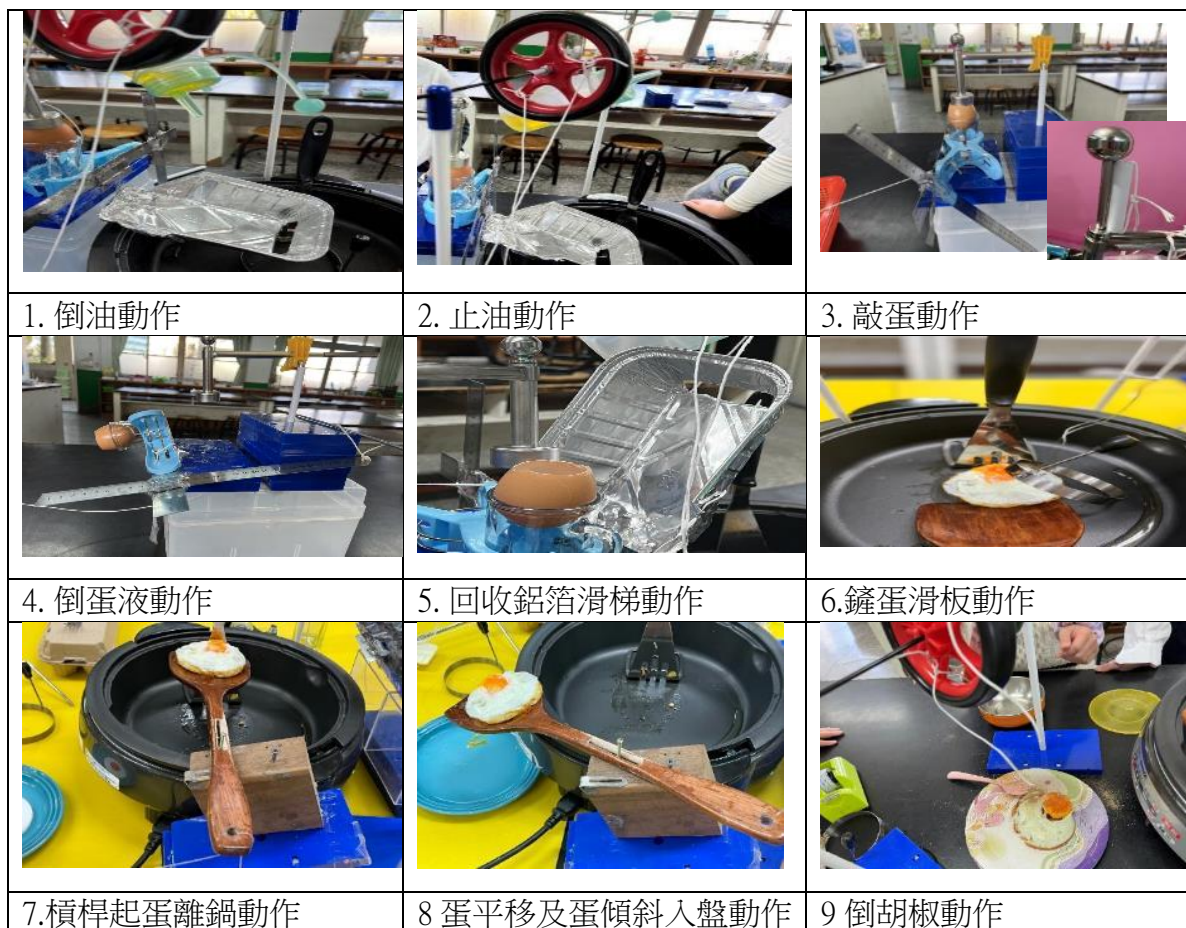
## 三、實驗結果

(一) 實驗發現，全新的胡椒瓶，傾斜角度並不會越斜越多，一開始很少，但是只要超過 40 度，倒出的量就差不多。

(二) 因此未來在設計撒胡椒時，可以用不同的拉力造成不同的角度而撒出每人的喜好的胡椒份量。

## 以懸吊繩機構取代人工煎蛋的九大分項動作統整

	機構動作	說明
1	倒油動作	用滾輪設計，一拉就倒油。
2	止油動作	用滾輪設計，再拉油瓶轉回來止油。
3	敲蛋動作	布丁敲擊開蛋神器，拉動敲蛋器上插銷，鋼珠落下敲蛋。
4	倒蛋液動作	拉動杯子傾倒，倒入蛋液。
5	回收鋁箔滑梯動作	拉起鋁箔滑梯。
6	鏟蛋滑板動作	拉起蛋模，此時鏟子滑進蛋下。
7	槓桿起蛋離鍋動作	拉力以槓桿作用讓鏟子平抬起蛋。
8	蛋平移動作及蛋傾斜入盤動作	拉力讓鏟子平移，同時斜面讓鏟子傾斜轉一下(蛋滑進盤中)
9	倒胡椒動作	連帶拉落積木讓頂住胡椒車輪的桿子倒下，使車輪轉動灑出胡椒



## 實驗三 探究骨牌驅動機構產生的瞬間拉力

### 實驗 3-1 探究自由落體積木數量和繩長所達到的瞬間拉力

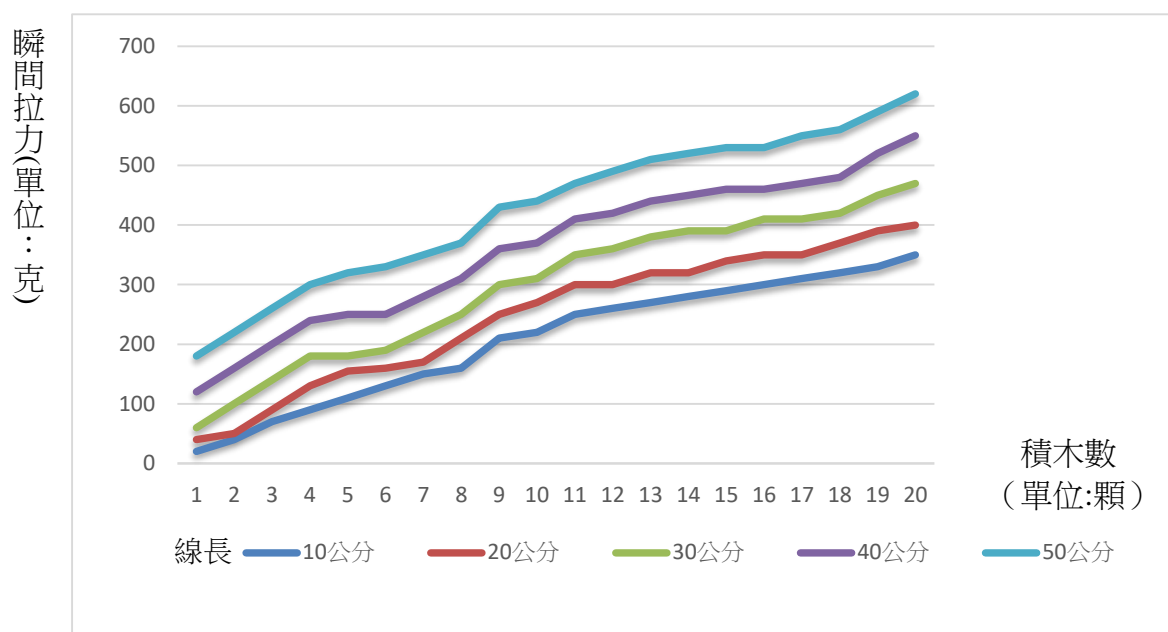
#### 一、實驗構想

要達到一推就倒，而且可以隨心所欲地改變數量，我們選用教具室的積木當骨牌。但是從落下的繩長到每顆積木可以產生多少瞬間拉力，是我們好奇的，此外我們每個積木繩子都會卡到桌子邊緣產生摩擦力，因此我們決定用彈簧秤來測測看每個積木在不同長度所產生的拉力值。

#### 二、實驗過程

	
1.將彈簧秤固定在桌上，分別從另一邊綁上不同下落長度的繩子，再掛上不同數量的積木。	2.落下去的瞬間用慢動作拍攝，回放後記下瞬間拉力。

#### 三、實驗結果



自由落體積木數量和繩長所達到的瞬間拉力折線圖



#### 四、實驗討論

- (一) 繩子很短要用到的積木就會太多，用的積木少繩子比較長我們發現線長的時候容易在桌子上打結，回收的時候十分困難。
- (二) 線越長，瞬間所產生的拉力越遠大。根據初步的測試我們的最大動力不超過 500 克，所以我們決定用 30 公分的線長來作為煎蛋機的標準線長。
- (二) 我們的瞬間拉力超過學校的實驗用彈簧秤，因此我們特地上網準備了不同力量大小的用彈簧秤。在測量時發現誤差不小，未來要真的拉動時必須比原本最小的積木數多一些，才會提高成功率。

#### 實驗 3-2 實測最佳繩長九個煎蛋動作產生瞬間積木數量範圍

##### 一、實驗構想

前一個實驗我們的繩子是轉 90 度的拉力，讓我們確定 30 公分的長度，實際在進行煎蛋動作時繩子呈現不同的角度，因此我們實際用積木數來進行實測找出最小能達到九大動作的積木數，有些動作也不能太大的拉力，太大力時，雞蛋會飛拋出去。

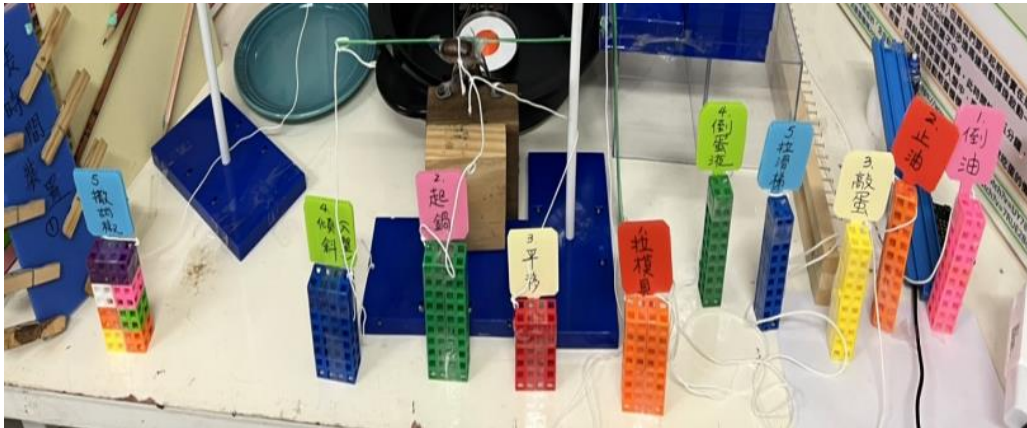
##### 二、實驗過程及結果

##### 統一用 30 公分繩長以骨牌驅動機構產生的瞬間拉力取代人工煎蛋的九大分項動作統整

	機構動作	積木最小數量	積木最大數量(只取到 20 顆)
1	倒油動作	8 顆	11 顆(太多止油動作拉不回)
2	止油動作	14(要比倒油多 6 顆)	20 顆
3	敲蛋動作	13 顆	20 顆
4	倒蛋液動作	15 顆	18 顆(超過、蛋液會飛出)
5	回收鋁箔滑梯動作	8 顆	20 顆
6	鏟蛋滑板動作	17 顆	20 顆
7	槓桿起蛋離鍋動作	17 顆	20 顆
8	蛋平移動作及蛋傾斜入盤動作	13 顆	16 顆(超過，太陽蛋會飛出盤子)
9	倒胡椒動作	6 顆	8~20 顆角度不變(量相同)

詳細測量積木數及倒胡椒的角度

積木顆數	2 顆	4 顆	6 顆	8 顆	10 顆	12 顆
胡椒罐改變角度	15 度	20 度	25 度	40 度	40 度	40 度



用一堆就倒的積木來當骨牌驅動機構產生的瞬間拉力

### 三、實驗討論

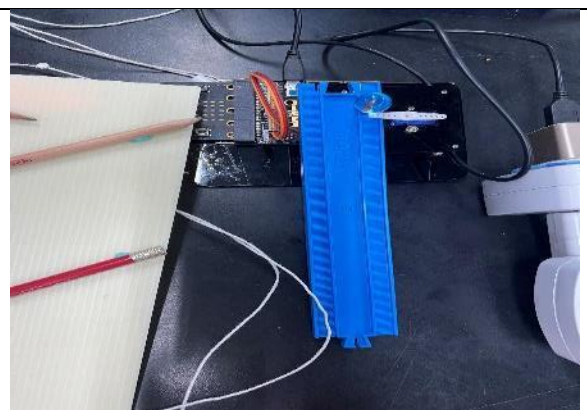
- (一) 用一堆就倒的積木來當骨牌驅動機構產生的瞬間拉力，可以取代人工煎蛋的動作力道。
- (二) 不同的動作須要的積木數不同，也不能全部用 20 顆，力量太大也會有反效果。
- (三) 經過不斷的測試，我們找到了最佳的積木數，讓成功率大大提升。

## 實驗四 研發用懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有的動作的方法

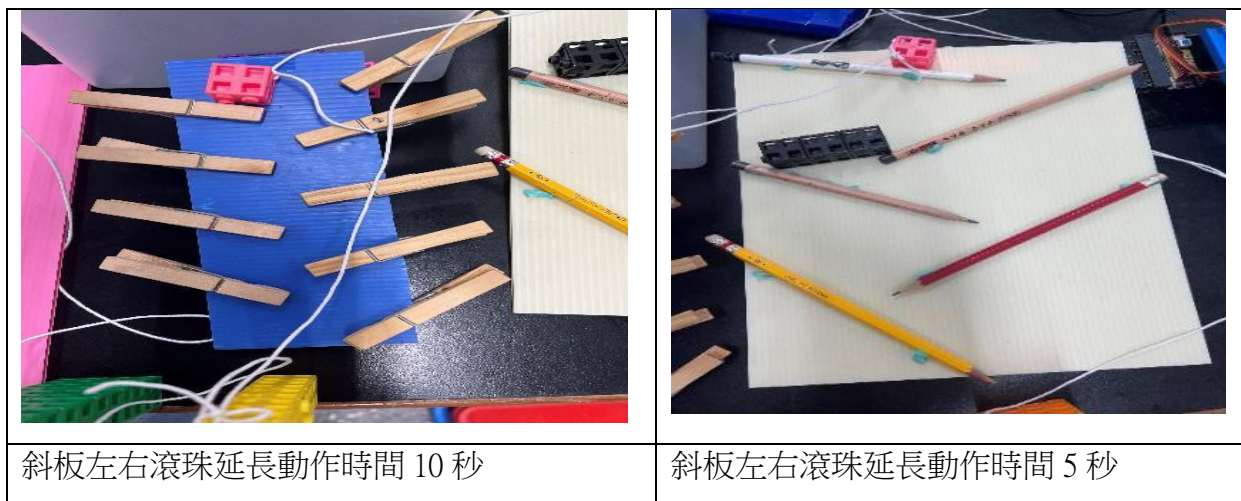
### 實驗 4-1 實測煎蛋過程並用斜板左右滾珠設定最佳時間控制



計時器 1：設定 6:00 通電用 220 度加熱鍋子



計時器 2：設定 6:02 通電啟動 micro:bit 步進馬達 1，讓彈珠落下。



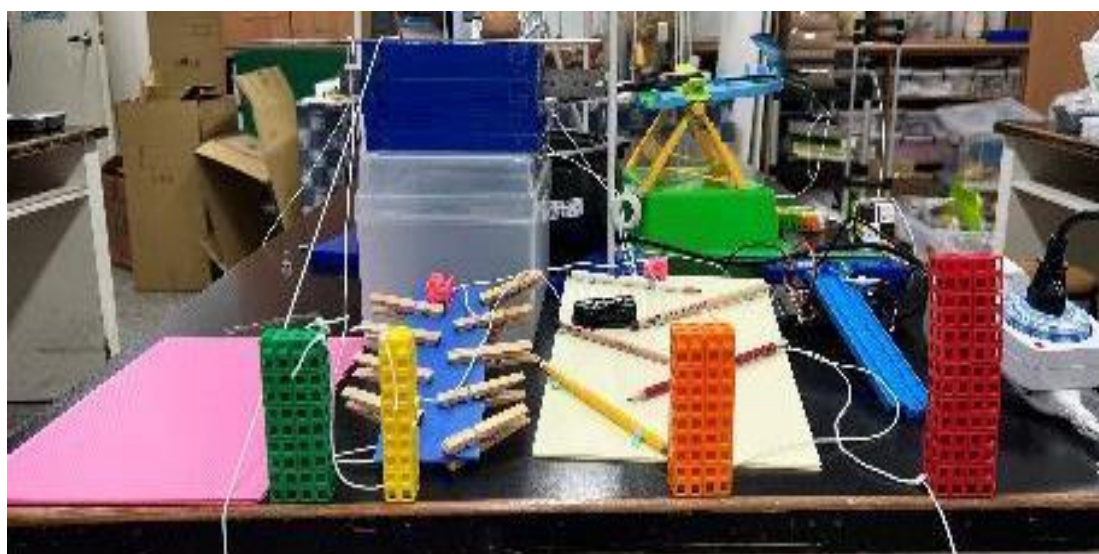
## 實驗 4-2 用鋼彈推動懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有的動作

### 一、實驗構想

之前我們看了魯夫戈德堡機械 YouTube Joseph's Machines 的影片，歸納出三種我們可以利用的機關：

1. **懸吊繩機構**：以繩子的拉力來產生煎蛋動作所需要的單方向動力，只要把人工煎蛋的動作拆解成單方向動作，就能用懸吊繩來取代人工動作。
2. **骨牌驅動機構**：以鋼珠推倒積木由高處落下產生瞬間大動力，只要重物落下的方向對，可以取代強扭力馬達。
2. **斜板左右滾珠延長動作時間**：類似 micro:bit 程式中的時間控制

因此，之前的裝置在設計時，就有考慮用以上三種方法來達到各種目的動作，真的要串接起來時就不會太困難。



鋼彈推動懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有的動作

## 二、動作流程說明

### (一) 初始煎蛋動作

1. 計時器 1 設定 6:00 通電用 220 度**加熱鍋子**
2. 計時器 2 設定 6:02 通電啟動 micro:bit 步進馬達 1，**讓彈珠落下**。

	機構動作	說明
1	<b>倒油動作</b>	彈珠推落積木拉油瓶 <b>倒油</b> ，同時拉動斜板積木讓彈珠滾下。
2	<b>止油動作</b>	斜板左右滾珠延長動作時間 5 秒，彈珠推落積木拉油瓶轉回來 <b>止油</b>
3	<b>敲蛋動作</b>	斜板左右滾珠延長動作時間 10 秒，讓油變熱，彈珠推落積木連帶拉動敲蛋器上插銷， <b>鋼珠落下敲蛋</b>
4	<b>倒蛋液動作</b>	連帶推落積木拉動杯子傾倒， <b>倒入蛋液</b> 。同時拉動斜板積木讓彈珠滾下
5	<b>蛋液定位及回收及回收鋁箔滑動作</b>	斜板左右滾珠延長動作時間 10 秒，推落積木拉起 <b>鋁箔滑梯</b> 。 (機器動作停止，開始煎太陽蛋，時間五分鐘)

(機器動作停止，開始煎太陽蛋，時間五分鐘)

### (二) 盛蛋起鍋動作

micro:bit 步進馬達 2 啟動，讓彈珠落下。

	機構動作	說明
6	<b>擡蛋滑板動作</b>	彈珠推落積木 <b>拉起蛋模</b> ，此時擡子滑進蛋下
7	<b>槓桿升起蛋離鍋動作</b>	連帶拉落積木讓 <b>擡子抬起蛋</b>
8	<b>蛋平移動作蛋傾斜倒蛋動作</b>	連帶拉落積木讓 <b>擡子平移</b> 連帶拉落積木到一平台讓 <b>擡子傾斜轉(蛋滑進盤中)</b>
9	<b>倒胡椒動作</b>	連帶拉落積木使車輪轉動 <b>灑出胡椒</b>

#### 四、實驗討論

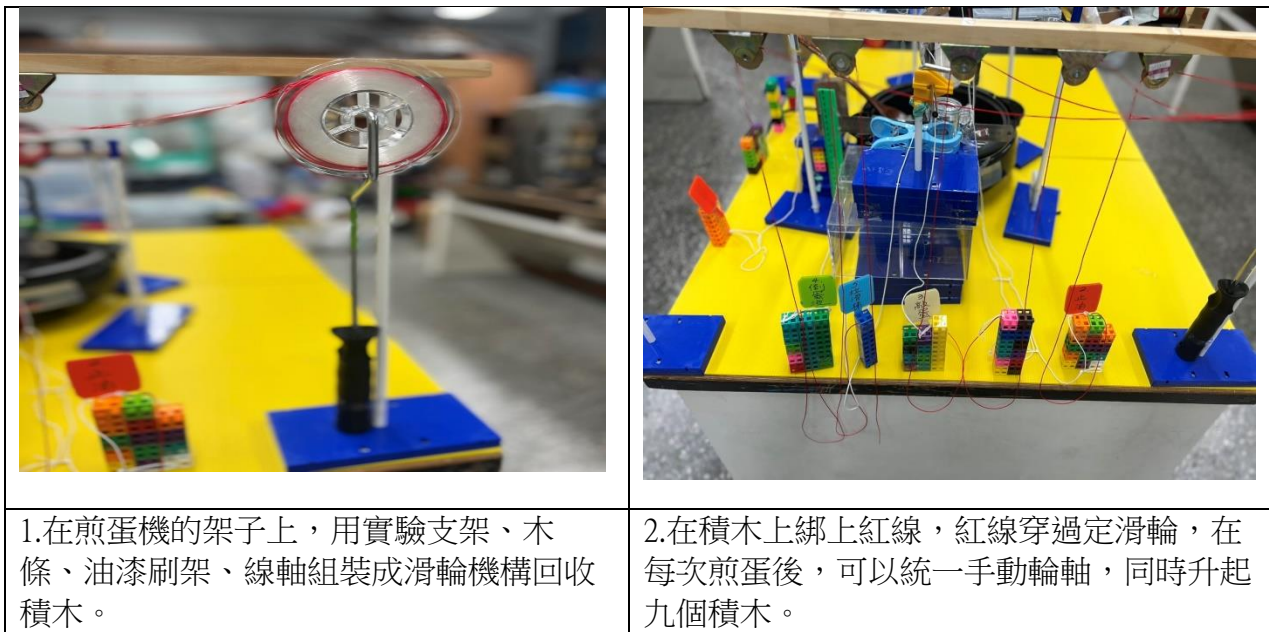
(一) 積木可以調整重量，再調整落下的長度，就可以正確達到我們要的動作力量，不過我們花了好多時間在調整和測試，雖然成功了，但我們也累極了，深深感嘆，要當個懶人還真不容易。

(二) 用 **魯布戈德保機械原理**來自動煎蛋，在我們已盡量節省動作的方式下，還是需要滿桌的器材，因此我們想，未來還是可以考慮用自動控制的方式來改良。

### 實驗五 用滑輪機構回收骨牌重複下一循環動作

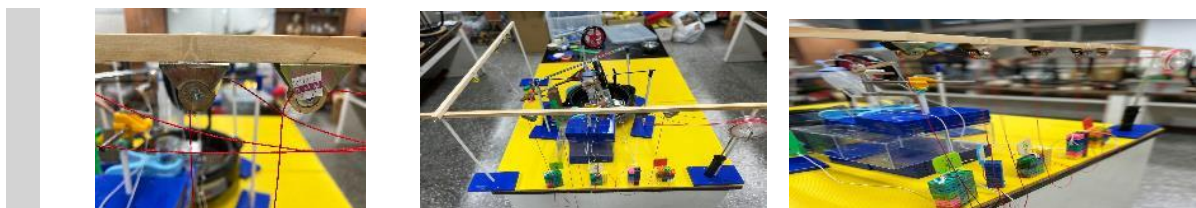
#### 實驗 5-1 實測用滑輪機構回收積木的方法

每次煎蛋完就要一個一個把積木撿起來，放回去。經過幾次之後，我們覺得實在是太麻煩了，必須想個法子做到能方便的重複動作。因此我們用手邊的材料組裝成滑輪機構可以在煎完蛋後，直接手動旋轉滑輪把九個積木一次收起。



#### 實驗 5-2 實測利用磁鐵設定位點，將骨牌放置在定位處

積木升起來之後，可以用手動的方式放在定位點，但是我們想到更好的方法就是在邊邊貼上磁鐵，只要手動輪軸後回轉，積木就會乖乖的立正站好。重點是是磁鐵不能太強，放在桌墊下也不會影響到鋼珠的路徑，要讓鋼珠一推就倒。



## 肆、討論

### 一、本研究的重點

- (一) 我們找到直接通電就會熱的火鍋燒烤兩用鍋，測試後發現要煎太陽蛋要用 220 度煎 5 分鐘，蛋白全熟時，效果最好。
- (二) 研發自動打蛋入鍋的方法：測試各種打出雞蛋的方法(高空投蛋、兩側壓蛋、上方壓蛋、上方鎚蛋)，也測試了各種不讓蛋黃破掉的方法(井字網架、粗平行網架、細平行網架)，最後找到了烘焙專用的敲擊開蛋神器，成功倒出不會破掉的雞蛋。
- (三) 研發從鍋中取出雞蛋放在盤子上的方法：先在鍋中用鍋鏟和馬鈴薯壓泥器卡住圓形蛋模。木槌卡高一點點就不會黑掉。只要四個動作拉、抬、移、轉輕鬆就可以把太陽蛋取出。我們還為他命名為「聰明卡蛋法」。
- (四) 實測煎蛋過程並找出最佳時間控制：我們主要利用的機關：1. 自由落體產生瞬間大動力：只要重物落下的方向對，可以取代強扭力馬達。2. 斜板左右滾珠延長動作時間：類似 micro:bit 程式中的時間控制。經過多次測試後得到最佳流程：早上六點通電熱鍋後，2 分鐘開始倒油，6 秒後停油，壓蛋、倒蛋，10 秒後拉滑梯。5 分鐘後拉蛋模、抬蛋、移蛋轉擡、加胡椒。
- (五) 用滑輪機構回收骨牌重複下一循環動作：我們用手邊的材料組裝成滑輪機構可以在煎完蛋後，直接手動旋轉滑輪把九個積木一次收起。在邊邊貼上磁鐵，只要手動輪軸後回轉，積木就會乖乖的立正站好。

### 二、研究的創意及未來應用

- (一) **真的創造出可以自己煎蛋的機器**：我們的機構真的可以讓我們在忙碌的早餐不用動手就吃到太陽蛋。
- (二) **煎蛋的機器動作十分有趣，適合拍成電影**：我們的機器動作操作起來十分有趣吸睛，很適合當作科學電影的開頭片段，展現主角把科學用在生活中的魅力。

### 三、未來研究的方向

- (一) 縮小機器，讓機關看起來不要如此龐大。
- (二) 發現更多好用的方式，讓煎蛋機可以不用那麼多機關。
- (三) 希望我們能煎出不同的蛋，例如炒蛋、荷包蛋等。

## 伍、結論

- 一、如果每天早上，都能吃到一顆熱呼呼外脆內軟的太陽蛋，多幸福的一件事啊！但是我們要早起煎蛋實在是太難了。於是，我們研發了「自動煎蛋裝置」
- 二、首先我們先研究太陽蛋的美味祕訣是 220 度煎 5 分鐘，接著再分析人工煎蛋的動作，以人因工程的概念，參考魯布·戈德堡機械結構原理，藉著懸吊繩機構，將煎蛋區分為九大步驟。分別為 1 倒油動作、2 止油動作、3 敲蛋動作、4 倒蛋液動作，5 回收鋁箔滑梯動作，6 滑板鏟蛋動作，7 槓桿盛蛋離鍋動作，8 平移蛋後斜板入盤動作、9 撒胡椒動作。
- 三、利用熟悉的骨牌驅動機構完成此連續且自動化之機構。
- 四、最後藉著滑輪機構而能手動回收落下的骨牌，且利用定位點機構，將骨牌放置在定位處，使整體煎蛋機械能重複下一循環動作，確實達成生活應用之實質功效。

## 陸、參考文獻

以樂高積木組成的「全自動早餐機器人」Lego Breakfast Machine- MOC  
<https://www.youtube.com/watch?v=UY789mG36AQ>

維基百科魯布·戈德堡機械 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2212009>

魯布·戈德堡機械 Joseph's Machines <https://www.youtube.com/watch?v=7RUE2BdI3BM>

## 【評語】 082914

本作品將煎蛋與擺盤區分為九大步驟，利用多種不同的機械原理與設計，並互相串聯後，以一個複雜但有趣的機構，自動完成此有一定複雜性的工作。

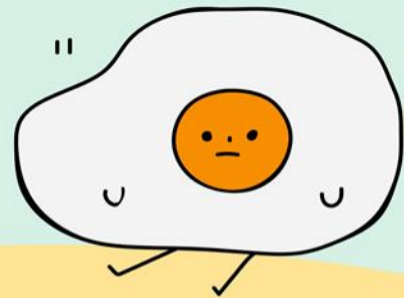
1. 同學在成果中確實報導失敗的設計，可以幫助後人不要重蹈覆轍，難能可貴。
2. 雖目前整個系統運作的成功率尚不理想，但在各模組設計遇到困難時，同學能適當改進已排除問題，若能持續精進，期待能製出更有效與有趣的作品。
3. 雖然魯布·戈德堡機械在設計上多以不必要的繁複或簡陋聞名，但在作品設計上，或許可以添加一點工業設計（或不必要但看似有必要性的機構或裝飾），讓作品更加繁複與有獨特的美感。



## 作品海報



# 懶人吃早餐



懸吊繩骨牌驅動機構煎蛋機之研發

# 前言

## 一、研究動機

如果一醒來，就有一顆熱呼呼的**太陽蛋**在盤子中等你，多幸福啊！懶得早起的我們決定來挑戰自己做一臺自動煎蛋裝置，幫我們自動做早餐。市面上已經有許多的蛋料理機，但是還是要自己打開蛋殼，這不是我們心目中懶人會做的事，我們希望一起床，太陽蛋就已經煎好放在盤子上，拿了刀叉就可以吃了。

首先，我們先手動煎蛋多次，找出好吃的**太陽蛋標準**：

- (一) **蛋黃不能破**：看起來美麗才能叫太陽蛋，要先打在碗中蛋黃才不易破。
- (二) **不用翻面**：因此要比雙面蛋要煎的時間更久。有些專家會加水加蓋。
- (三) **正面蛋白要全熟**：蛋黃半熟才好吃，但是蛋白不能半熟。
- (四) **底面要脆不能焦**：一定要加油。

## 二、研究目的

- (一) 探究煎**太陽蛋**的**祕訣**及**驅動煎蛋動作**的方式。
- (二) 探究以**機器取代人工煎蛋的分項動作**。
- (三) 探究煎蛋的分項動作需要產生的**瞬間拉力**。
- (四) 研發用**串聯所有煎蛋動作**的方法。
- (五) 探究用**重複下一循環動作**的方法。

## 三、文獻探討

**魯布·戈德堡機械**（英語：Rube Goldberg machine）是一種被設計得過度複雜的機械組合，以迂迴曲折的方法完成簡單的工作。



果汁機  
jclarson  
from  
New  
Mexico



Joseph Herscher是  
YouTube機械藝術家，  
專門製作滑稽的連鎖  
反應機器。頻道：  
Joseph's Machines

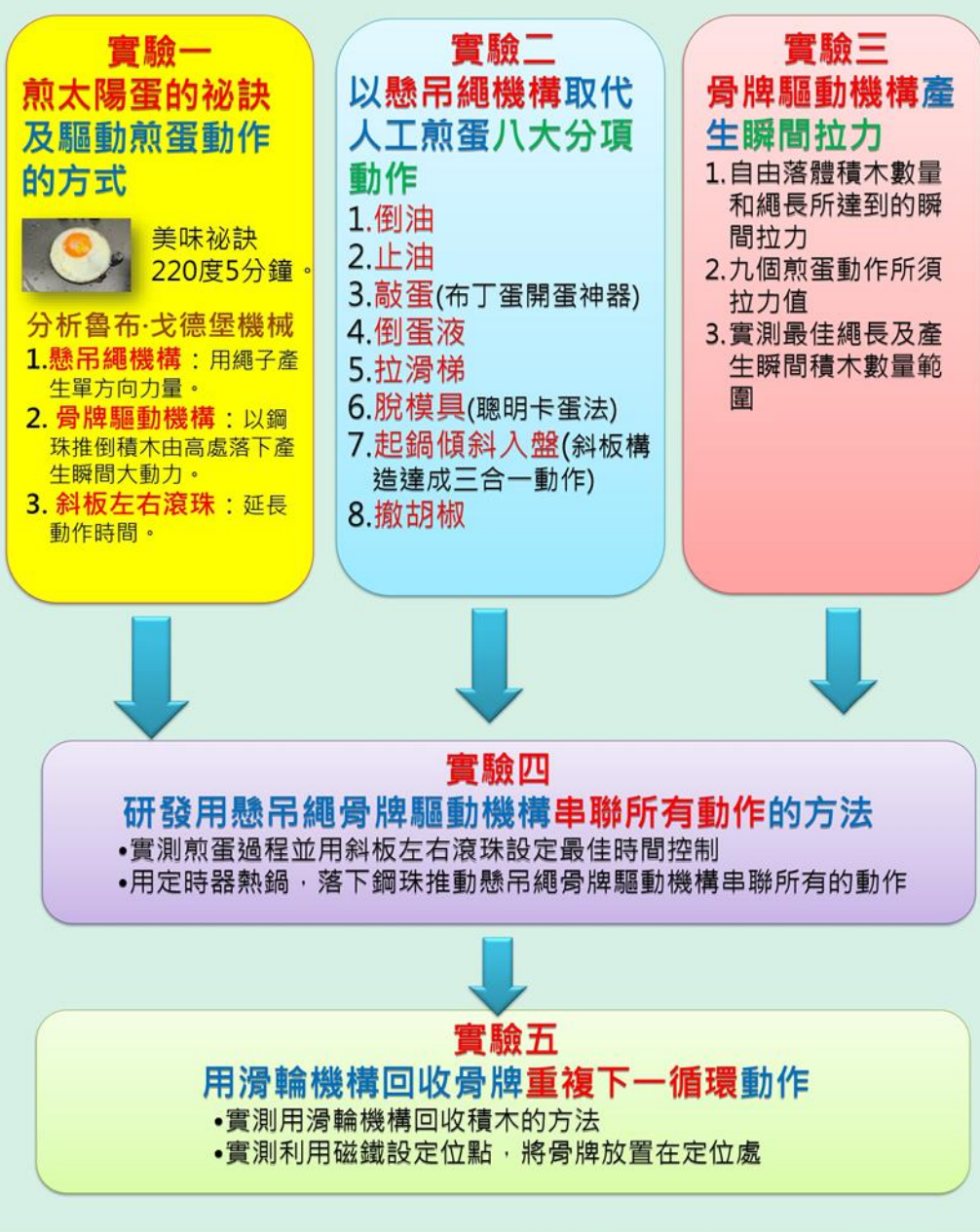
市售蛋料理機功能比較表（資料來自網路）

市售蛋料理機	智能煮蛋器	蛋卷機	煎蛋鍋
價錢	2499元	376元	619元
功能	以蒸煮為主。	只能變蛋卷	可煎蛋

市面上的蛋料理機，還是要自己打開蛋殼。

# 研究過程與結果

## 研究架構



## 自動煎蛋機裝置



**懸吊繩機構(實驗二)**  
依人因工程將煎蛋分為八大分項動作

**骨牌驅動機構(實驗三)**  
提供瞬間拉力並完成此連續且自動化之機構

**滑輪機構(實驗五)**  
能手動回收落下的骨牌，重複下一循環動作

## 實驗一 探究煎太陽蛋的祕訣及驅動煎蛋動作的方式

### 實驗1-1 探究適合的鍋具

初步測試組員家中及網路資料中的鍋具

鍋子型式	優點	缺點	評估及測試結果
電磁爐	可加各種鍋子	要按開關才會熱，多一個機關。	不採用
電烤肉盤	面積大	有條紋不適合蛋	蛋型不美
電小煎蛋鍋	網路小物專門煎蛋	鍋面太小，油會噴出。	未來可以試試看
火鍋燒烤兩用鍋	可調各種溫度沒有開關，通電就熱。	鍋子很大，有深度，機關要架高。	採用



火鍋燒烤兩用鍋  
因為沒有電源開關，一通電就可以用，因此可以很方便使用環型計時開關，設定每天早上六點熱鍋。

### 實驗1-2 不同溫度的煎蛋效能

火鍋燒烤鍋煎太陽蛋每分鐘觀察記錄表

設定溫度	140度	180度	220度
1分鐘	無	無	冒小氣泡
2分鐘	無	無	蛋鼓起來了
3分鐘	無	無	蛋消下去了
4分鐘	無	無	底部和四週發出焦香味
5分鐘	無	無	蛋白表面全熟了
6分鐘	無	無	蛋黃內部還沒熟
7分鐘	無	底部和四週發出焦香味	蛋黃內部還沒熟
8分鐘	無	蛋白表面全熟了	蛋黃全熟了
9分鐘	無	蛋黃內部還沒熟	蛋黃變硬和蛋白分離
10分鐘	蛋白的表面沒有熟	蛋黃內部還沒熟	蛋的底面變超硬

- 在鍋中放入圓型模具。加熱2分鐘。加油讓模具中都沾油。
- 放蛋，在不同溫度每一分鐘用蛋糕探針測蛋白和蛋黃有沒有沾黏。



**太陽蛋美味祕訣：220度煎5分鐘。**

### 實驗1-3 探究煎蛋動作動力來源

#### 機器手臂測試失敗

組裝機器手臂。測試夾模具，夾不起來，馬達不夠力。當場壞兩顆。鍋子太燙，手臂太短。以後有金費再來研究。



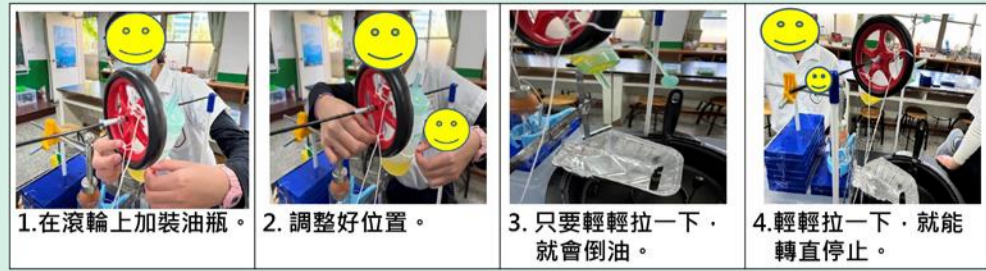
#### 決定使用魯夫戈德堡機械的理念

- 看 **Joseph's Machines** 影片，歸納出三種可以利用的機關：
- 懸吊繩機構**：以繩子的拉力來產生煎蛋動作所需要的單方向動力，只要把人工煎蛋的動作拆解成單方向動作，就能用懸吊繩來取代人工動作。
  - 骨牌驅動機構**：以鋼珠推倒積木由高處落下產生瞬間大動力，只要重物落下的方向對，可以取代強扭力馬達。
  - 斜板左右滾珠延長動作時間**：類似micro:bit程式中的時間控制。

# 實驗二 以懸吊繩機構取代人工煎蛋的八項動作

## 實驗2-1研發以滾輪加油入鍋，實測倒油五秒煎蛋最佳

油瓶倒油時間、油量和煎蛋效果測試表



1. 在滾輪上加裝油瓶。
2. 調整好位置。
3. 只要輕輕拉一下，就會倒油。
4. 輕輕拉一下，就能轉直停止。

時間	1秒	2秒	3秒	4秒	5秒	6秒	7秒
油量	1ml	1.5ml	2ml	2.5ml	3ml	3.5ml	4ml
煎蛋效果	油只有一滴，旁邊會黑黑的	油不滿蛋模，旁邊會黑黑的	油不滿蛋模，旁邊會黑黑的	油可以填滿底部，但是蛋模上沒有油，蛋會黏在蛋模上。	油可以填滿底部，也蛋模上也有油，蛋模一拉起就取出成功!	油可以填滿底部，蛋模上也有油，蛋模一拉起蛋就取出成功!	油太多蛋液放進去會滿出來!



## 怎麼打蛋入鍋，蛋黃不破？

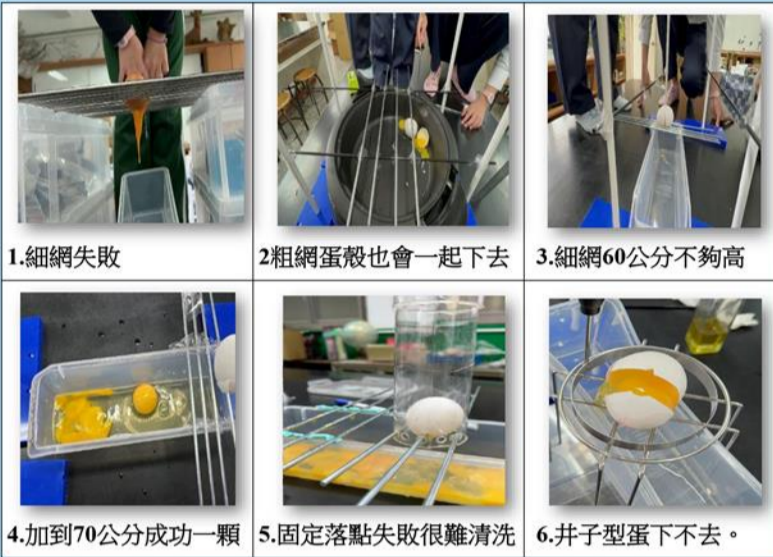
### 實驗2-2測試各種打出雞蛋方法(高空投蛋、側面壓蛋、鐵棒錘蛋、鐵錘錘蛋)，但是蛋黃都會破

只有60公分高空投蛋有成功，但是蛋黃都會破

測試高空投蛋不讓蛋黃破掉的方法全失敗



1. 側面夾蛋測試，蛋殼直接掉下去，無法夾住，失敗。
2. 鐵錘錘蛋，蛋殼破裂，蛋液也破碎。碎成一團，失敗。
3. 鐵棒錘蛋，蛋下不去，失敗
4. 高空投蛋60公分成功打蛋

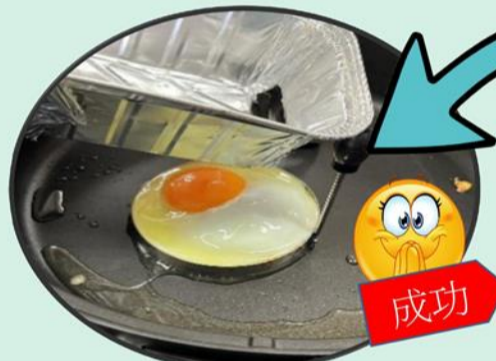


1. 細網失敗
2. 粗網蛋殼也會一起下去
3. 細網60公分不夠高
4. 加到70公分成功一顆
5. 固定落點失敗很難清洗
6. 井子型蛋下不去。

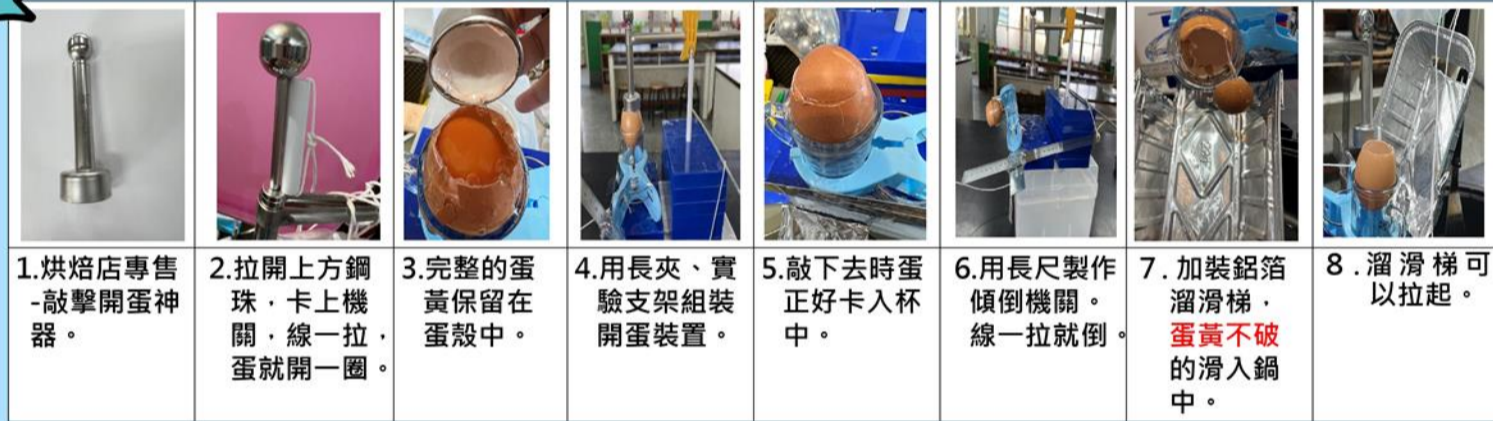


蛋黃全破掉，蛋黃破也是可以吃的，但是不是太陽蛋我們不要！

### 實驗2-3測試讓蛋黃完整不破入鍋的裝置(用敲擊開蛋神器加溜滑梯)



布丁敲擊開蛋神器加溜滑梯多次成功製作零失敗的太陽蛋。



1. 烘焙店專售-敲擊開蛋神器。
2. 拉開上方鋼珠，卡上機關，線一拉，蛋就開一圈。
3. 完整的蛋黃保留在蛋殼中。
4. 用長夾，實驗支架組裝開蛋裝置。
5. 敲下去時蛋正好卡入杯中。
6. 用長尺製作傾倒機關。線一拉就倒。
7. 加裝鋁箔溜滑梯，蛋黃不破的滑入鍋中。
8. 溜滑梯可以拉起。



## 怎麼把蛋從鍋中拿出來？

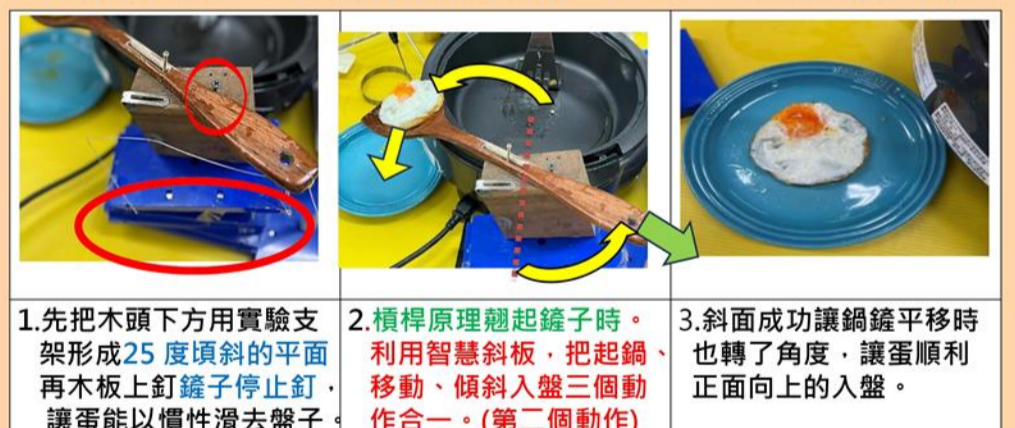
### 實驗2-4精簡到二個動作取蛋入盤(利用斜板精進連續動作)

「聰明卡蛋法」一脫模具，鍋鏟因重力下滑，完美鏟蛋

「智慧斜板」一個拉力達到起鍋、平移，傾斜入盤三動作

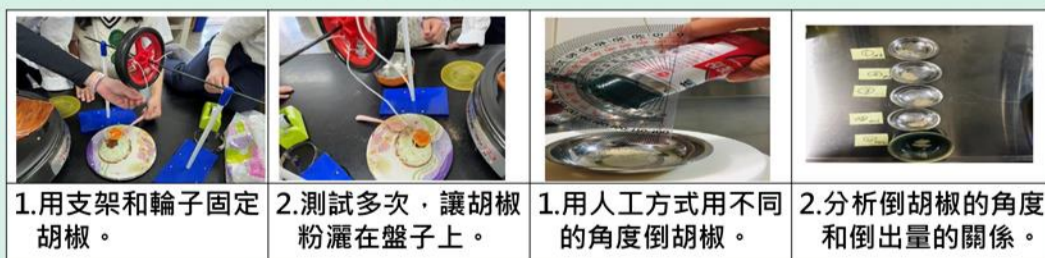


1. 用電鑽在鍋鏟中鑽一條長洞。將鍋鏟釘在木頭上，可以自由的滑動。
2. 先在鍋中用鍋鏟和馬鈴薯壓泥器卡住圓形蛋模模具往上吊離(第一個動作)
3. 鏟子因重力下滑就鏟住太陽蛋了。



1. 先把木頭下方用實驗支架形成25度傾斜的平面，再木板上釘鏟子停止釘，讓蛋能以慣性滑去盤子。
2. 槓桿原理翹起鏟子時，利用智慧斜板，把起鍋、移動、傾斜入盤三個動作合一。(第二個動作)
3. 斜面成功讓鍋鏟平移時也轉了角度，讓蛋順利正面向上的入盤。

### 實驗2-5 研發以滾輪撒胡椒



1. 用支架和輪子固定胡椒。
2. 測試多次，讓胡椒粉灑在盤子上。
1. 用人工方式用不同的角度倒胡椒。
2. 分析倒胡椒的角度和倒出量的關係。

- 實驗發現，全新的胡椒瓶，傾斜角度並不會越斜越多，一開始很少，但是只要超過40度，倒出的量就差不多。
- 因此未來在設計撒胡椒時，可以用不同的拉力造成不同的角度而撒出每人的喜好的胡椒份量。

### 以懸吊繩機構取代人工煎蛋的八項動作

1. 倒油動作	2. 止油動作	3. 敲蛋動作	4. 倒蛋液動作	5. 回收鋁箔滑梯動作	6. 拉蛋模鏟蛋滑板動作	7. 起鍋、移動、傾斜入盤三合一動作	8. 撒胡椒動作
用滾輪設計，一拉就倒油。	用滾輪設計，再拉油瓶轉回來止油。	布丁敲擊開蛋神器，拉動敲蛋器上插銷，鋼珠落下敲蛋。	拉動杯子傾倒，倒入蛋液。	拉起鋁箔滑梯。	利用聰明卡蛋法，拉起蛋模，此時擡子滑進蛋下。	利用智慧斜板，把起鍋、移動、傾斜入盤三個動作合一。	用滾輪設計，一拉就撒胡椒。

# 實驗三 探究骨牌驅動機構產生的瞬間拉力

## 實驗3-1 探究自由落體積木數量和繩長所達到的瞬間拉力

要達到一推就倒，而且可以隨心所欲地改變數量，我們選用教具室的積木當骨牌。一落下產生瞬間拉力，幫助完成煎蛋8大動作。



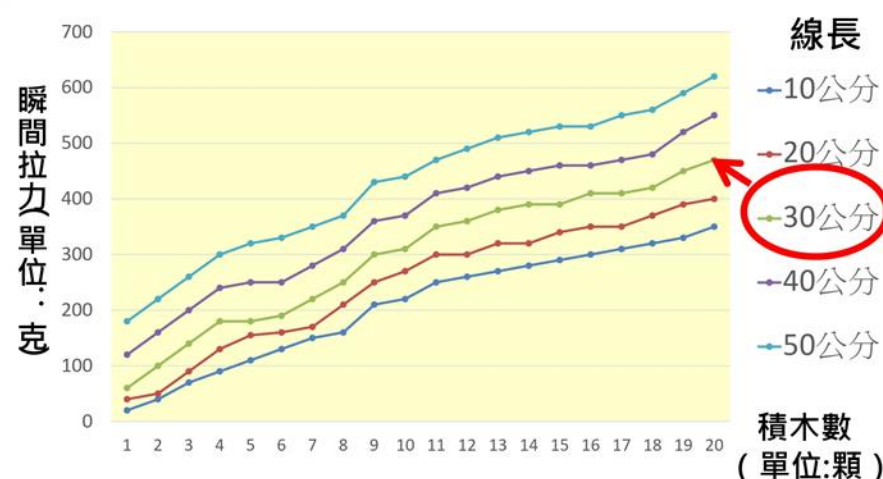
用一堆就倒的積木來當骨牌驅動機構產生的瞬間拉力。



將彈簧秤固定在桌上，分別從另一邊綁上不同下落長度的繩子，再掛上不同數量的積木。用慢動作拍攝，回放後記下瞬間拉力。



自由落體積木數量和繩長所達到的瞬間拉力折線圖



- 繩子短，積木就會太多。積木少，繩子長容易打結，回收的時候十分困難。
- 測試最大動力不超過500克，決定用30公分的線長來作為煎蛋機的標準線長。

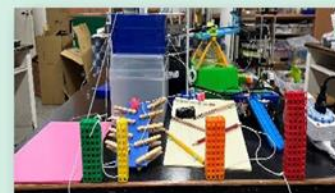
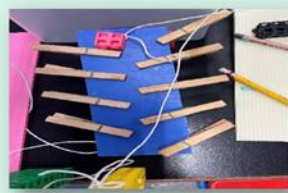
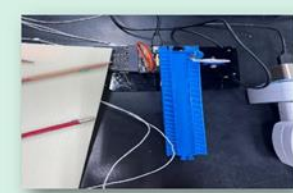
## 實驗3-2 實測最佳繩長九個煎蛋動作產生瞬間積木數量範圍

以骨牌驅動機構取代人工煎蛋八大分項動作的積木數量範圍(統一用30公分繩長)

機構動作	1. 倒油動作	2. 止油動作	3. 敲蛋動作	4. 倒蛋液動作	5. 回收鋁箔滑梯動作	6. 拉蛋模鏟蛋滑板動作	7. 起鍋、移動、傾斜入盤三合一動作	8. 撒胡椒動作
積木最小數量	8顆	14顆(要比倒油多6顆)	13顆	15顆	8顆	17顆	17顆	6顆
積木最大數量(只取到20顆)	11顆(太多止油動作拉不回)	20顆	20顆	18顆(超過、蛋液會飛出)	20顆	20顆	20顆	8~20顆角度不變(量相同)

# 實驗四 用懸吊繩骨牌驅動機構串聯所有動作

## 實驗4-1 實測煎蛋過程並用斜板左右滾珠設定最佳時間控制



1. 計時器 1：設定6:00通電用220度加熱鍋子

2. 設定6:02 micro:bit 步進馬達轉動，讓鋼珠落下。

3. 斜板左右滾珠延長動作時間10秒

4. 斜板左右滾珠延長動作時間5秒。

5. 鋼珠用一顆積木卡在斜板上，積木用棉線連在前積木上，形成骨牌。

6. 實測八個動作，安裝斜坡位置，測試鋼珠路線。

## 實驗4-2 串聯所有的動作

### 一、初始煎蛋動作

- 計時器 1 設定6:00通電用220度加熱鍋子
- 設定6:02啟動micro:bit 步進馬達1，讓鋼珠1落下。

機構動作	串聯說明
1 倒油動作	鋼珠1推落積木拉油瓶倒油，同時拉動斜板積木讓鋼珠2滾下。
2 止油動作	斜板左右滾珠延長動作時間5秒，鋼珠2推落積木拉油瓶轉回來止油同時拉動斜板積木讓鋼珠3滾下。
3 敲蛋動作	斜板左右滾珠延長動作時間10秒，讓油變熱，鋼珠3推落積木連帶拉動敲蛋器上插銷，落下敲蛋。
4 倒蛋液動作	連帶推落積木拉動杯子傾倒入蛋液。同時拉動積木讓鋼珠4滾下。
5 回收鋁箔滑梯動作	斜板左右滾珠延長動作時間10秒，鋼珠4推落積木拉起鋁箔滑梯。(機器動作停止，開始煎太陽蛋，時間五分鐘)

### 二、盛蛋起鍋動作

- 設定6:07micro:bit 步進馬達2啟動，讓鋼珠5落下。
- 設定6:08關閉電源

機構動作	串聯說明
6 拉蛋模鏟蛋滑板動作	鋼珠5推落積木拉起蛋模，因為有聰明卡蛋法此時鏟子滑進蛋下。
7 起鍋、移動、傾斜入盤三合一動作	連帶拉落積木讓鏟子盛起蛋利用智慧斜板，把起鍋、移動、傾斜入盤三個動作合一。(此時蛋滑進盤中)
8 撒胡椒動作	連帶拉落積木使車輪轉動灑出胡椒。

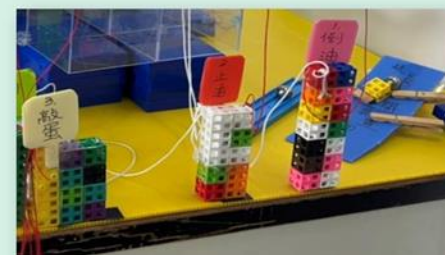
# 實驗五 用滑輪機構回收骨牌重複下一循環動作

## 實驗5-1 實測用滑輪機構回收積木的方法



- 用實驗支架、木條、油漆刷架、線軸組裝成滑輪機構回收積木。
- 在積木上綁上紅線，紅線穿過定滑輪，在每次煎蛋後，可以統一手動輪軸，同時升起八個積木。

## 實驗5-2 利用磁鐵設定點，將骨牌放置在定位處



積木升起來之後，可以用手動的方式放在定位點，但是我們想到更好的方法就是在邊邊貼上磁鐵，只要手動輪軸後回轉，積木就會乖乖的立正站好。

## 討論

### 一、研究的創意應用及精神

- 真的創造出可以自己煎蛋的機器：我們的機構不但可以幫懶人的忙，更可協助行動不便的人。
- 煎蛋的機器動作十分有趣，適合拍成電影：我們的機器動作操作起來十分有趣吸睛，很適合當作科學電影的開頭片段，展現主角把科學用在生活中的魅力。
- 本實驗使用大量雞蛋，採用非籠飼雞蛋，友善對待經濟動物，展現永續精神。

### 二、來研究的方向

- 縮小機器，讓機關看起來不要如此龐大。發現更多好用的方式，讓煎蛋機可以不用那麼多機關。
- 希望我們能煎出不同的蛋，例如炒蛋、荷包蛋等。



採用非籠飼雞蛋，展現永續精神

## 結論

如果每天早上，都能吃到一顆熱呼呼外脆內軟的太陽蛋，多幸福的一件事啊！但是我們要早起煎蛋實在是太難了。於是，我們研發了「自動煎蛋裝置」。首先我們先研究太陽蛋的美味祕訣是220度煎5分鐘，接著再分析人工煎蛋的動作，以人因工程的概念，參考魯布·戈德堡機械結構原理，藉著懸吊繩機構，將煎蛋分為八大步驟。分別為1倒油動作、2止油動作、3敲蛋動作、4倒蛋液動作，5回收鋁箔滑梯動作，6滑板鏟蛋動作，7起鍋、移動、傾斜入盤三合一動作、8撒胡椒動作。利用熟悉的骨牌驅動機構完成此連續且自動化之機構。最後藉著滑輪機構而能手動回收落下的骨牌，且利用定位點機構，將骨牌放置在定位處，使整體煎蛋機械能重複下一循環動作，確實達成生活應用之實質功效。

## 參考文獻

- 維基百科魯布·戈德堡機械 <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2212009>
- Joseph's Machines <https://www.youtube.com/watch?v=7RUE2BdI3BM>