

2025 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱 : F = 嗎?

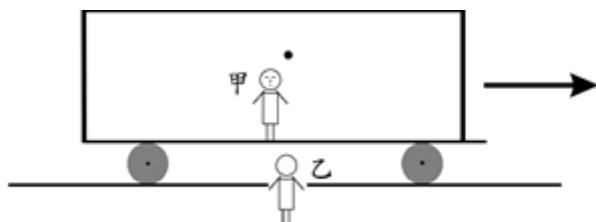
作品名稱 : 有球必in

科學概念 1 : 慣性前進車上之拋體運動

九年級的理化課程中談論到慣性的概念：在等速度前進的火車上，由手中鉛直往上拋出一枚硬幣，則該硬幣將掉落於何處？為了驗證此項科學理論，我們嘗試用arduino nano、伺服馬達、避障模組自製發射裝置，能在車體行進間發射物體，討論發射角度與落地位置。並用攝影方式分析每畫格的拋體軌跡。

科學概念 2 : 等加速度前進車上之拋體運動

在等加速度運動的車體上拋擲物體，從愈來愈快的車體上拋射物體會落在車子後方，愈來愈慢的車體上拋擲物體會落在前方，那從無摩擦力的坡面下滑的車體上拋出的物體又會落在那裡呢？我們透過光遮斷模組與雷射切割工具設計車體加速度測量裝置，試圖探討加速度如何影響拋體的落點。

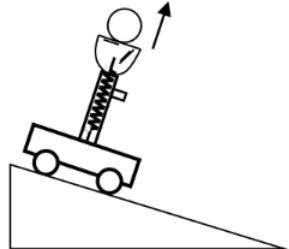


決賽成果報告書內文

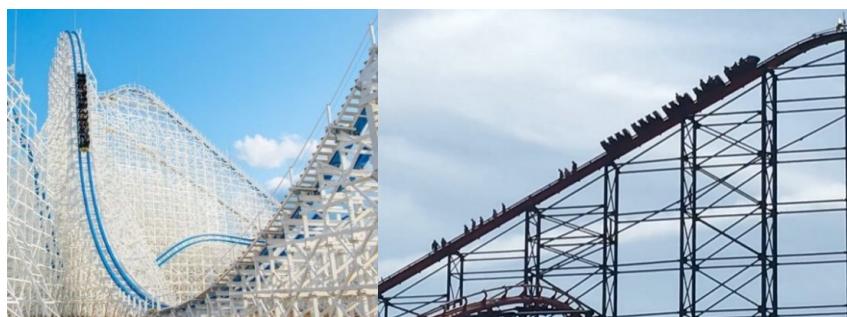
一、發想動機：

由慣性原理，當滑車作水平等速度運動時，球體確實會落至車上；若車體進行加速水平運動時，球將落在車體的後方。我們由台北市建國中學數理資優班的110年入學試題中，發現了如下有趣問題：

7. 如右圖，在滑車上設置一彈射裝置，在滑車行進時可將小球彈出，若此滑車自一很長的光滑斜面頂端釋放滑下（初速為 0），於途中小球相對於滑車垂直彈起。請問下滑一段距離後，小球會落於滑車彈射裝置之
(A)前方 (B)後方 (C)原處 (D)視彈射速度而定 (E)視滑車速度而定。



此題中，斜面上的滑車放手後，車子會進行等加速度下滑，行進時車上的發射器以垂直斜面向上拋射一球體。我們從水平等加速車體的經驗，預測此題答案是(B)會落在車體後方，而此題的答案竟然是(C)「球體在拋出後重新回到車體上」。事實與預測不同促成我們想了解更多。我們也好奇：當雲霄飛車向下俯衝時，乘客垂直軌道向上拋出東西仍會回到乘客手裡。那如果是等加速度減速上衝的雲霄飛車，垂直軌道拋出的東西仍會回到乘客手中嗎？



對於此問題，老師建議我們設計一套實體系統來研究這個有趣的問題。

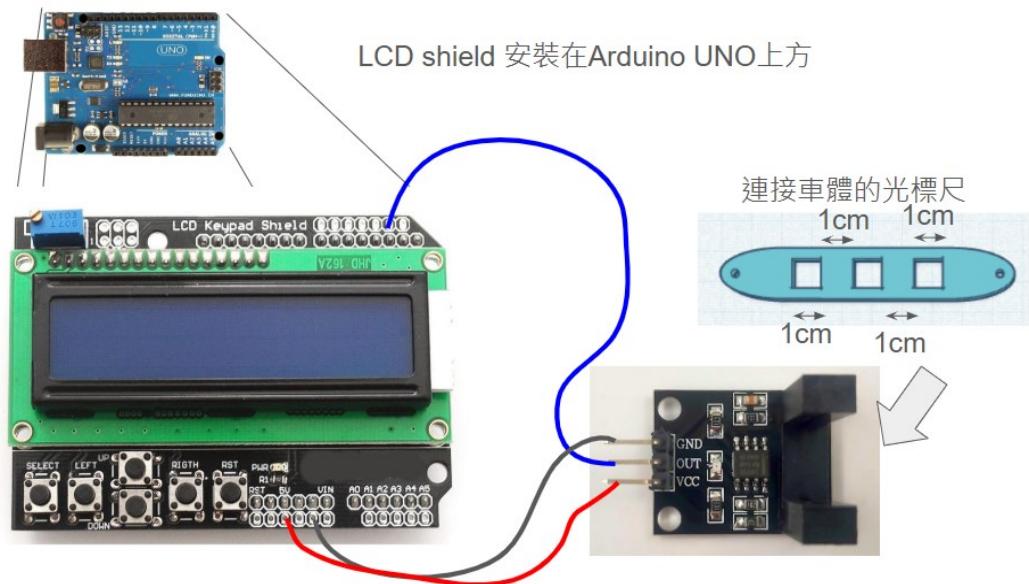
二、作品創意性：

我們使用雷射切割的光標尺與單一光遮斷器來計算加速度，有別於傳統實驗、透過打點計時器(介入式測量)、Tracker攝影測量(器材架設、分析費時)、與多光閘偵測物體邊緣通過時間(器材架設費時)，大大的提高了加速度的測量效率、測量準確性。

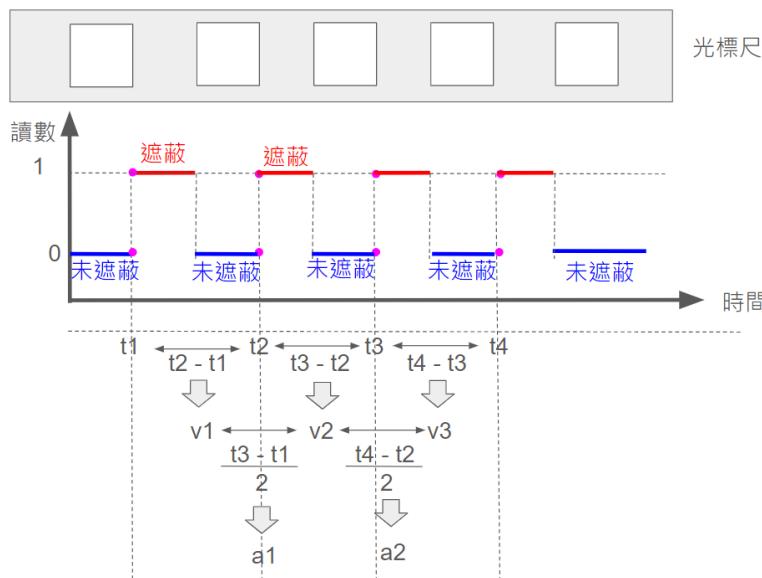
另外為了確保彈射球體時外力不干擾車體的運動，我們設計了隔空觸發彈射的機關。我們使用了紅外線避障開關作為感測器，當手靠近時，感測器接收到來自手的反射光，便發出一個訊號給Arduino，啟動伺服馬達作動。也是國中物理教學現場不可或缺的實驗設備。

三、硬體及電路架構圖：

(一) 加速度測量裝置的電路設計



程式碼原理：

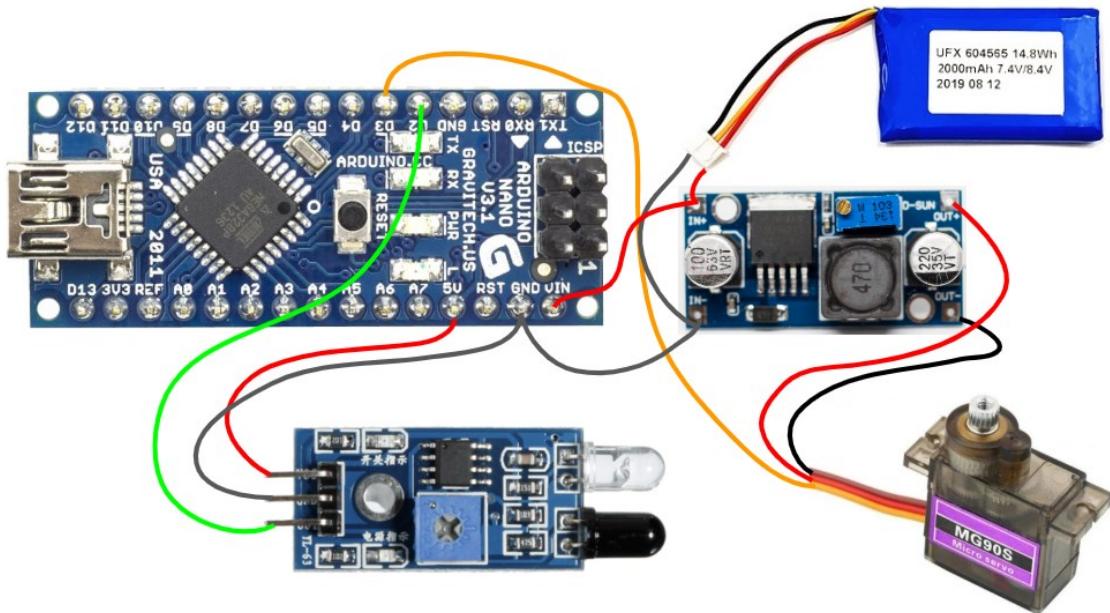


若要求得加速度值，至少必須通過3個方形開孔，因此加速度的關係式為：

$$\text{加速度 } a \text{ (m/}\mu\text{s}^2\text{)} = \frac{v_2 - v_1}{\frac{t_3 - t_1}{2}} = \frac{\frac{0.02}{t_3 - t_2} - \frac{0.02}{t_2 - t_1}}{\frac{t_3 - t_1}{2}} \text{ (0.02公尺=2公分)}$$

$$\Rightarrow \text{加速度 } a \text{ (m/s}^2\text{)} = \frac{v_2 - v_1}{\frac{t_3 - t_1}{2}} \times 10^{12} = \frac{\frac{0.02}{t_3 - t_2} - \frac{0.02}{t_2 - t_1}}{\frac{t_3 - t_1}{2}} \times 10^{12}$$

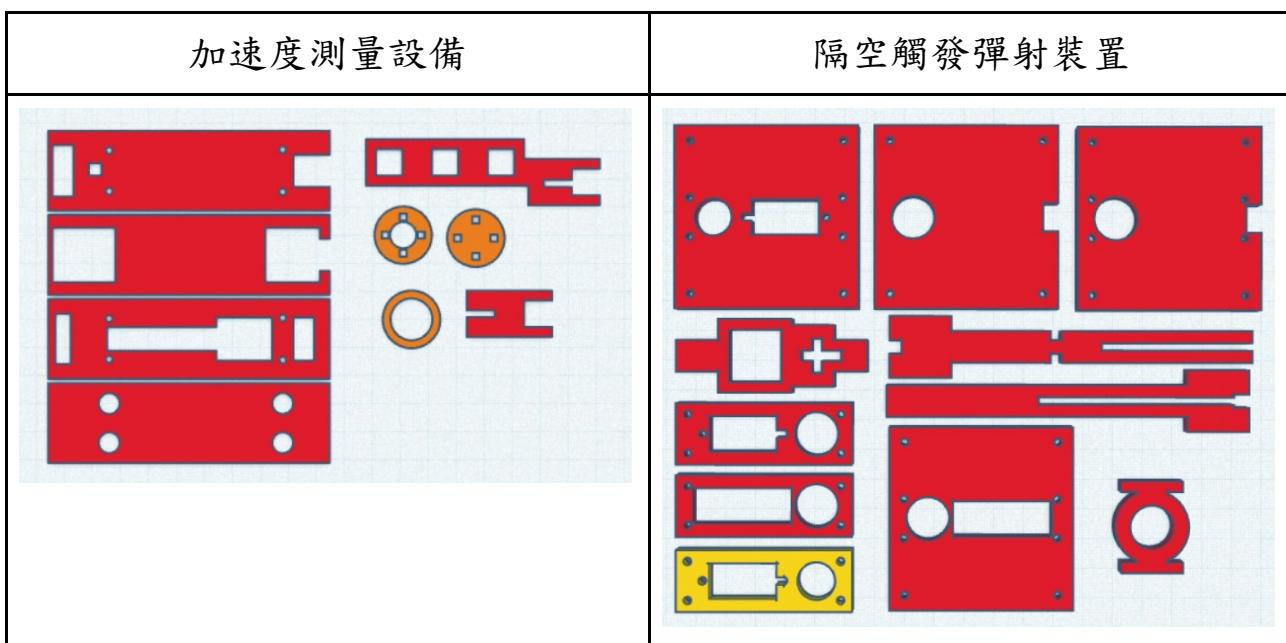
(二)光控發射裝置的電路設計



隔空觸發彈射裝置設計構想是透過橡皮筋蓄積彈力位能，結合十字結構的拋擲桿與十字形開孔的觸發結構，透過伺服馬達撥動觸發結構使拋擲桿拋出物體。

(三)機構設計

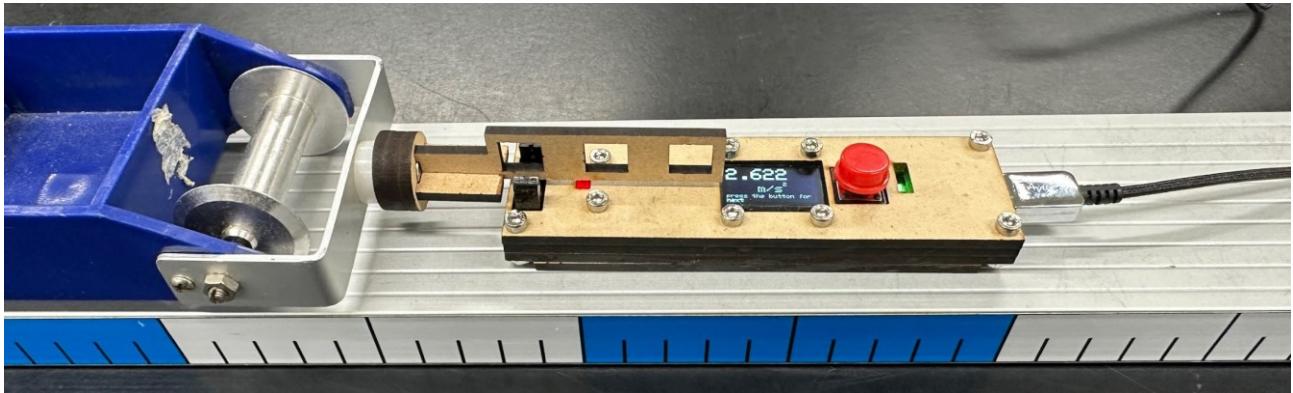
機構設計透過TinkerCAD設計，以層疊的方式設計，層疊的結構比較堅固，並保有逐層修改與調整的可能。透過螺絲組裝鎖定結構，可以不斷迭代修正成最有效率的結構。



四、作品成果報告：

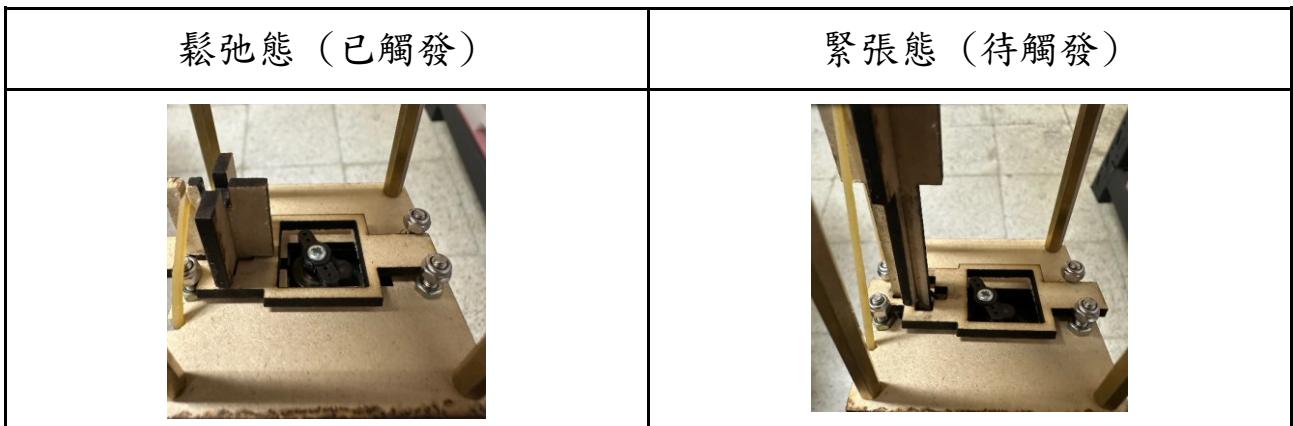
(一)裝置成果

1. 加速度偵測裝置

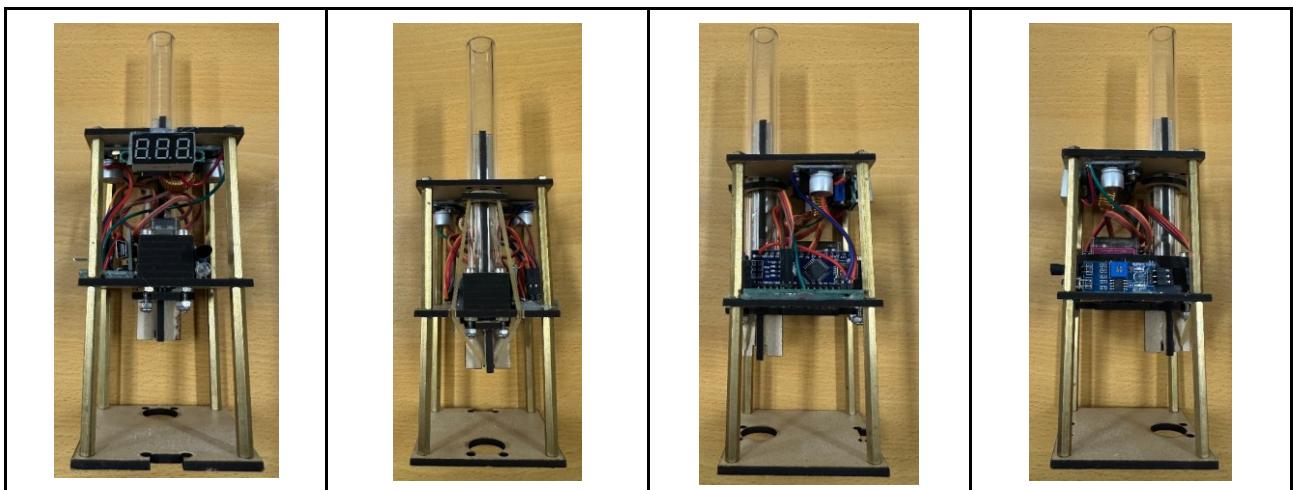


經過了兩代改良，加速度偵測裝置最後以整合感測器、Arduino NANO、OLED顯示屏幕及按鈕的方式，只要連接USB電源、進行簡易擺設、確定滑車行進時光標尺不會碰觸到感測裝置本體即可。顯示幕上可以偵測滑車行進3-4公分的距離的加速度。

2. 隔空觸發彈射裝置



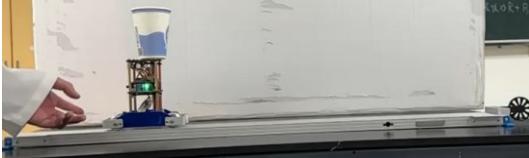
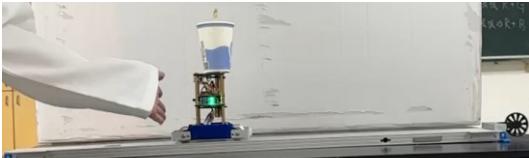
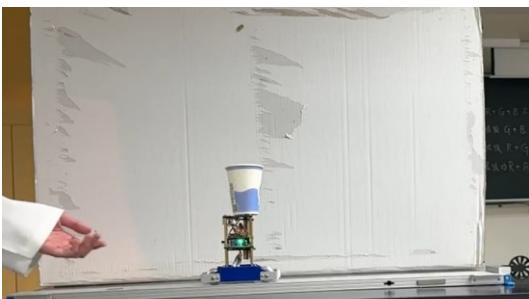
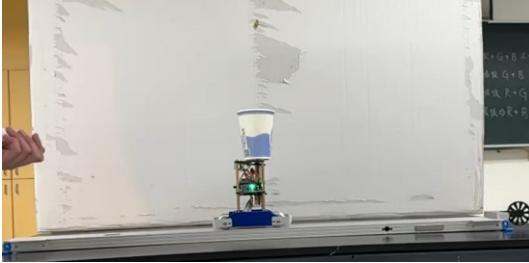
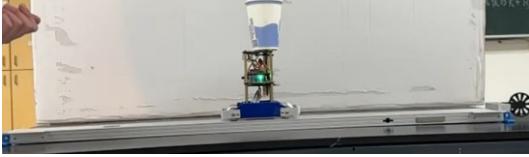
觸發裝置總成請參見下四圖，此彈射裝置可安裝在滑車上。



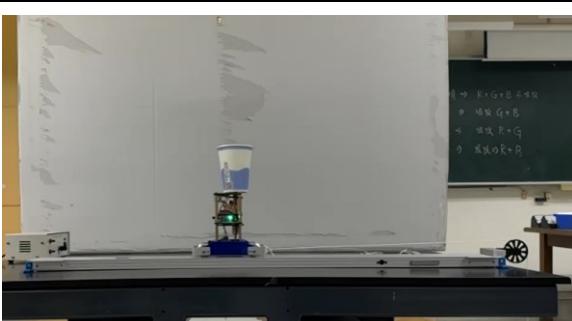
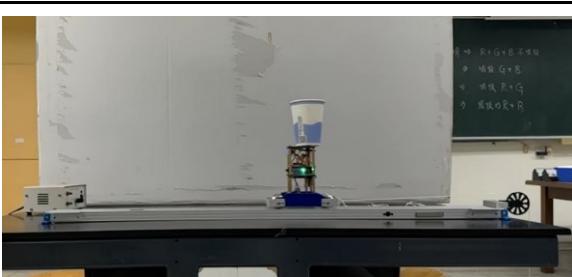
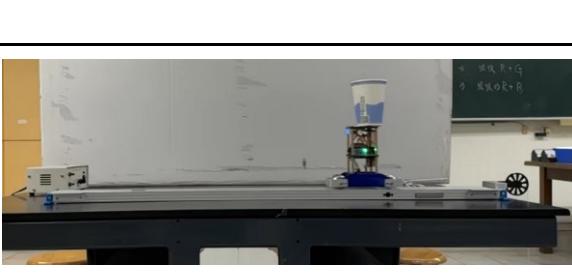
透過以上兩裝置，預計在學習運動學與牛頓力學時將獲得更直觀的學習成果，製作成本低、易調整、易組裝的特性，有助於推廣物理教育。

(二)探究成果

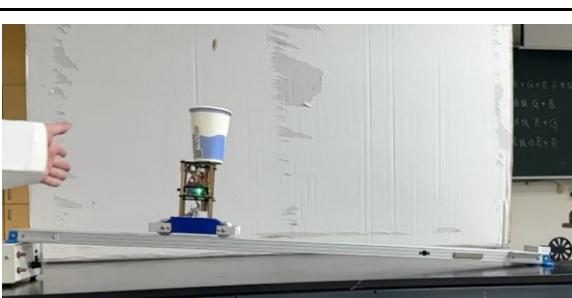
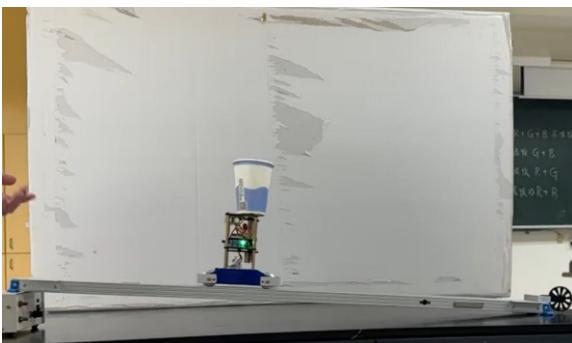
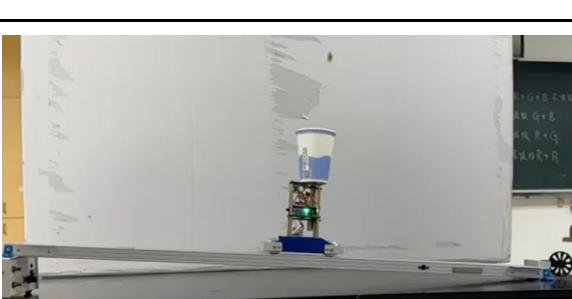
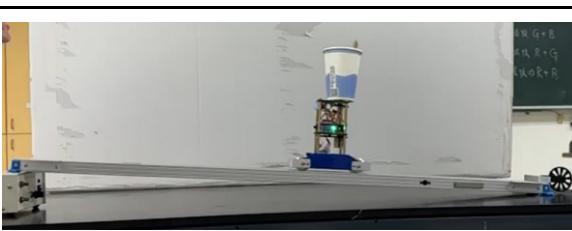
1. 滑車進行等速度運動：

起始		手先推動滑車達到一定速度由於軌道為低摩擦力設計，因此視為近似等速運動。
觸發		手靠近(但不接觸車體)觸發拋擲器，拋擲器拋擲方向與滑車滑行方向垂直，將拋體向上拋出。
上升		拋體向上飛行的過程中，鉛直方向為向上減速運動，同時在水平方向以等速度方向運動。可看出拋體在車體正上方。
最高點		拋體達最高點，此時鉛直方向順時速度為0，水平方向依然與車體保持同步等速度運動，拋體在車體的正上方
下降		拋體向下飛行的過程中，鉛直方向為向下嘉速運動，水平方向依然與車體保持同步等速度運動，拋體在車體的正上方
著地		等速度運動時 拋體成功落回車體 。

2. 滑車進行等加速度加速運動：

起始		滑車受一向右的力(兩個20g砝碼懸掛在右方, 砝碼所受的重力以定滑輪改變施力方向) 滑車由靜止釋放。
觸發		手靠近(但不接觸車體)觸發拋擲器, 拋擲器拋擲方向與滑車滑行方向垂直, 將拋體向上拋出。
上升		拋體向上飛行的過程中, 鉛直方向為向上減速運動, 同時在水平方向以等速度方向運動。可看出拋體在車體正上方。
最高點		拋體達最高點, 此時鉛直方向順時速度為0, 水平方向保持等速度運動, 拋體在車體的上方, 但跟不上滑車向右的速度, 稍稍落在紙杯後方(左方)。
下降		拋體向下飛行的過程中, 鉛直方向為向下嘉速運動, 保持等速度運動, 拋體跟不上滑車向右的速度, 明顯落在紙杯後方(左方)。
著地		等速度運動時拋體無法落回車體紙杯, 落在車體 後方 。

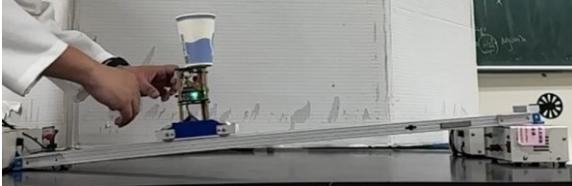
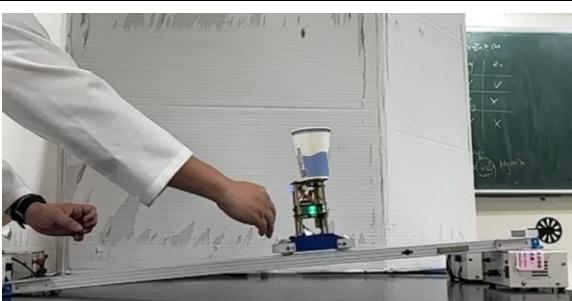
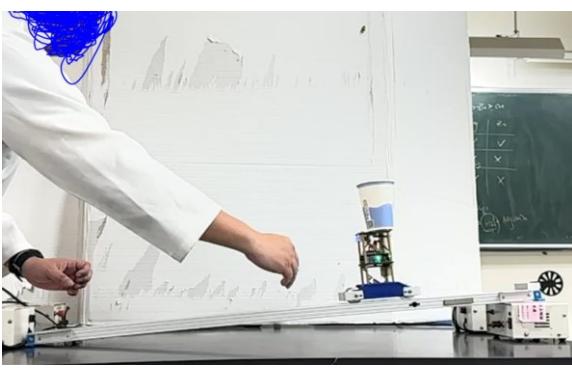
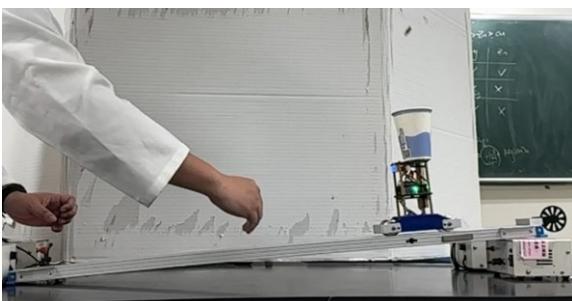
3. 滑車由斜面上自由下滑(滑車不掛砝碼)

起始		滑車無繩繩，由斜面上靜止釋放
觸發		手靠近(但不接觸車體)觸發拋擲器，拋擲器拋擲方向與滑車滑行方向垂直，將拋體向上拋出。
上升		拋體向上飛行過程中，鉛直方向為向上減速運動，同時在水平方向以等速度方向運動。可看出 球體在軌道法線上方 ，而非 鉛直正上方 。
最高點		拋體達最高點，此時鉛直方向順時速度為0，水平方向依然與車體保持同步等速度運動，可看出 球體在軌道法線上方 ，而非 鉛直正上方 。若軌道角度增大，拋體滯空時可能會短暫在車體前方上空。
下降		拋體向下飛行的過程中，鉛直方向為向下嘉速運動，水平方向依然與車體保持同步等速度運動，可看出 球體在軌道法線上方 ，而非 鉛直正上方 。
著地		拋體回到車體紙杯內 ，但拋體回到杯中的位置略為靠前。我們推測可能是軌道磨擦力的影響，導致車體加速度略微減小所致。

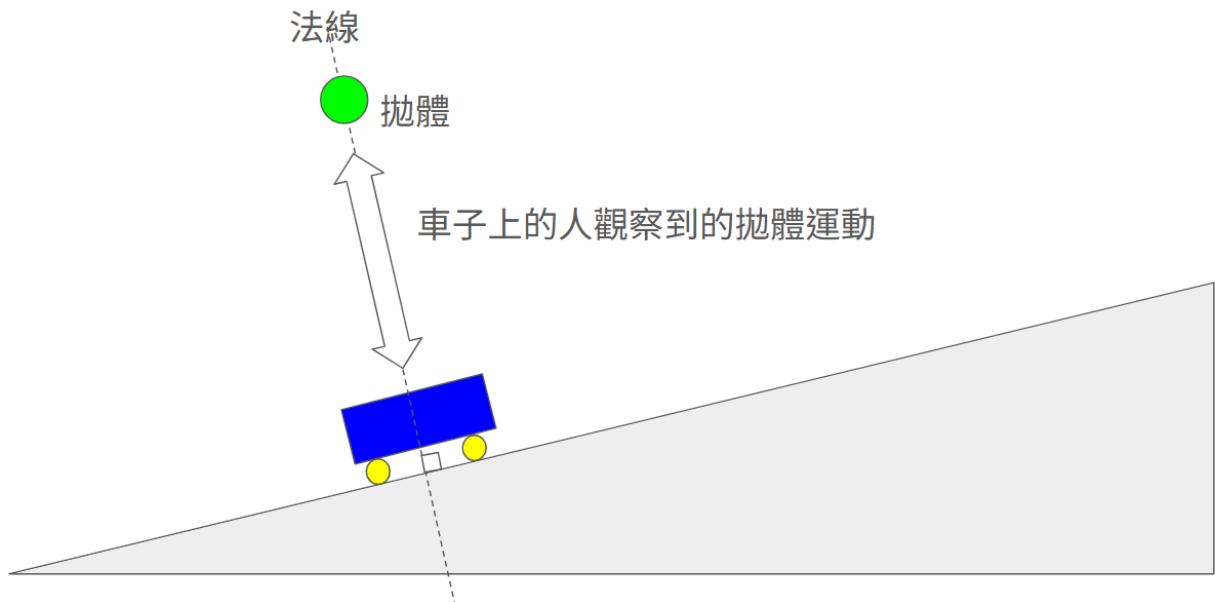
4. 滑車在斜面上加速下滑(滑車掛砝碼)

起始		滑車受一向右的力(兩個20g砝碼懸掛在右方, 砝碼所受的重力以定滑輪改變施力方向) 滑車由靜止釋放。
觸發		手靠近(但不接觸車體)觸發拋擲器, 拋擲器拋擲方向與滑車滑行方向垂直, 將拋體向上拋出。
上升		拋體向上飛行過程中, 鉛直方向為向上減速運動, 同時在水平方向以等速度方向運動。可看出球體在車體上方。
最高點		拋體達最高點, 此時鉛直方向順時速度為0, 水平方向依然與車體保持同步等速度運動, 球體在車體上方, 但稍稍跟不上車體的水平速度。
下降		拋體向下飛行的過程中, 鉛直方向為向下加速運動, 水平方向依然與車體保持同步等速度運動, 可看出球體在車體上方, 但明顯跟不上車體的水平速度。
著地		拋體無法落回車體紙杯, 落在車體後方。若從斜面自由釋放恰能回到杯中, 車體加其他外力便會使下滑加速度過大。

5. 滑車在斜面上減速上滑(滑車不掛砝碼)

起始		滑車無繫繩，手先推動滑車達到一定速度。因向上滑動，所以放手後進行等加速度的減速運動。
觸發		手靠近(但不接觸車體)觸發拋器，拋擲器拋擲方向與滑車滑行方向垂直，將拋體向上拋出。
上升		拋體向上飛行過程中，鉛直方向為向上減速運動，同時在水平方向以等速度方向運動。可看出球體在軌道法線上方，而非鉛直正上方。
最高點		拋體達最高點，此時鉛直方向順時速度為0，水平方向依然與車體保持同步等速度運動，可看出球體在軌道法線上方，而非鉛直正上方。若軌道角度增大，拋體滯空時可能會短暫在車體前方上空。
下降		拋體向下飛行的過程中，鉛直方向為向下嘉速運動，水平方向依然與車體保持同步等速度運動，可看出球體在軌道法線上方，而非鉛直正上方。
著地		拋體回到車體紙杯內，但拋體回到杯中的位置略為靠前。我們推測可能是軌道磨擦力的影響，導致車體加速度略微減小所致。

總結實驗結果與討論：



在車體僅受重力影響的運動下，拋體拋出後會回到原車內，無論是水平等速度運動，斜面上自由加速下滑、自由減速上滑，我們觀測到的球體會在斜面跟著車體移動的法線上(從車上乘客觀察角度來看，則是上下運動)。

五、參考文獻：

<https://www.youtube.com/shorts/d7pTCYiB3d8?feature=share>

[【中央大學】物理演示實驗—拋體運動（垂直上拋） projectile](#)