

彈珠 360° 雲霄飛車—瘋狂雲霄飛車：精準著陸戰

校名：河堤國小

指導老師：莊威冠老師

一、活動旨趣

雲霄飛車高速俯衝、翻越圓圈的過程，呈現了物體在不同高度與速度之間的能量轉換。本活動利用透明水管或 U 型軌道製作 360° 環形軌道，讓彈珠由不同高度釋放，觀察彈珠能否順利完成一整圈；再將軌道出口設計成微微向上的跳台，使彈珠離開軌道後飛向不同距離的目標桶，形成「精準著陸」挑戰。

學生透過「預測→操作→觀察→修正」的歷程，實際比較起點高度與彈珠運動結果的關係，理解重力位能轉換為動能、圓周運動所需的向心力，以及彈珠離開軌道後的飛行與落點變化。藉由可調整、可測量、可反覆驗證的闖關活動，讓抽象的物理概念轉化為可直接觀察的科學現象，提升學生的探究興趣與問題解決能力。

二、活動材料

透明硬質塑膠管或 PVC 管切半製成的 U 型軌道、360° 圓環軌道固定架、可調整高度的起點架、底座腳架、固定夾、彈珠（玻璃珠、鐵珠、木珠等）、量尺或捲尺、膠帶、50 公分／100 公分／150 公分目標桶（或九宮格沙盤）、接珠容器、實驗紀錄表、電子閃燈 2 組。

用電需求：110V，總功率預估約 100W（電子閃燈 2 組）。



圖 1 彈珠 360° 雲霄飛車活動設計示意圖

實驗變因設定

變因類型	本活動設定
操縱變因	釋放高度（可由 40、60、80、100 公分等不同高度進行測試）
控制變因	同一條軌道、圓環大小相同、跳台角度固定、使用同一顆彈珠、釋放方式相同
應變變因	彈珠是否完成 360° 圓環、飛行距離及最後落點位置
進階探究	一次只改變一項條件，例如彈珠材質或跳台角度，再比較結果

三、活動過程：共三關

（一）第一關：能量啟動站—彈珠 360° 環形軌道挑戰

1. 將透明軌道固定成 360° 圓環，確認軌道平順、接點牢固。
2. 選擇一個起點高度，將彈珠由靜止狀態直接放開，不用手推，觀察彈珠是否能完成一整圈。
3. 可依序由 40、60、80、100 公分等高度進行測試，記錄每次是否成功通過 360° 圓環。
4. 若彈珠在圓圈上方掉落，可提高起點；若能順利繞圈，也可降低高度，找出能完成 360° 圓環的適當起點高度。

觀察紀錄示例

次數	起點高度 (cm)	是否完成 360°	觀察結果
1	_____	☐ 成功 ☐ 未成功	_____
2	_____	☐ 成功 ☐ 未成功	_____
3	_____	☐ 成功 ☐ 未成功	_____

（二）第二關：飛越斷崖—觀察彈珠飛行距離

1. 讓彈珠完成 360° 圓環後，將出口端微微向上翹起約 30~45 度，形成跳台。
2. 先固定跳台角度與彈珠種類，只改變起點高度，觀察彈珠離開軌道後的飛行路徑與落地位置。
3. 請學生先預測「能飛多遠」，再實際測量落點，討論起點高度與飛行距離之間的關係。
4. 若進行進階挑戰，可在其他條件相同時，分別改變跳台角度或彈珠材質，比較落點是否不同。

（三）第三關：瘋狂雲霄飛車—精準著陸戰

1. 在跳台前方約 50 公分、100 公分、150 公分處分別設置目標桶，依距離設定 1 分、2 分、3 分。
2. 每人有 3 次挑戰機會，先選擇想挑戰的目標桶，再自行調整起點高度。
3. 釋放彈珠後，彈珠必須先順利完成 360° 圓環，再飛出跳台並落入指定目標桶。
4. 每次挑戰後記錄結果，思考下一次應提高或降低起點，透過反覆修正尋找較合適的釋放高度。
5. 成功完成繞圈並精準落入指定桶中，即完成本關。

四、科學原理

（一）位能轉換成動能（能量轉換）

彈珠在高處具有重力位能，可用 mgh 表示。當彈珠由高處釋放並沿軌道向下滾動時，重力位能逐漸轉換成滾動時的動能與旋轉動能。因此在其他條件相同時，起點高度提高，通常可使彈珠在後續軌道上具有較大的速度。

（二）向心力與臨界速度

彈珠進入 360° 圓環後，需要持續受到指向圓心的合力，才能沿著圓形軌道運動。圓環最高點是最容易失去接觸的位置；在簡化模型中，若要維持圓周運動，最高點的速度需達到臨界條件 $v \geq \sqrt{gR}$ ，其中 R 為圓環半徑。若起點高度不足、速度不夠，彈珠可能無法順利完成整圈。

（三）飛行距離與落點

彈珠離開跳台後會在重力作用下形成彎曲的飛行軌跡。飛行距離與彈珠衝出跳台時的速度、跳台角度及出口位置有關。因此，調整起點高度或跳台角度，都可能改變最後的落點位置。

（四）實際軌道中的摩擦影響

理想情況下可用能量轉換來推估彈珠的運動；實際操作時，軌道接觸與摩擦會影響彈珠速度，因此活動應以實際測試結果修正起點高度，並在比較時盡量維持軌道、彈珠與釋放方式一致。

五、科學探究

（一）釋放高度改變時，彈珠能否完成 360° 圓環的結果有什麼不同？可以找出剛好能成功繞圈的起點高度嗎？

（二）當跳台角度固定時，起點高度越高，彈珠的飛行距離會如何改變？實際結果和原先預測相同嗎？

（三）若把起點高度固定，只改變跳台角度（例如 30° 、 45° ），彈珠的落點會有什麼變化？

（四）若改用玻璃珠、鐵珠或木珠，在其他條件相同時，完成圓環與飛行距離是否相同？

（五）要讓彈珠命中 50 公分、100 公分、150 公分的不同目標桶，應如何調整起點高度？能否依據前一次結果修正下一次操作？