

彈珠樂園

設計者/
羅芳晁老師

一、目的：

以規定的簡單材料製作彈珠模擬盪鞦韆和雲霄飛車的活動，藉以探討慣性定律、槓桿原理、能量轉換及水平拋射運動的現象，並以其運動軌跡之準確操控為目標來進行比賽，寓教於樂，故以彈珠樂園為名。

二、原理：

分為兩部分，其中：活動一的設計是根據擺動鞦韆上的彈珠，因鞦韆板撞停仍能維持運動慣性而向前滾出的現象，使其沿著傾斜的不等臂蹺蹺板上滾時，由於重心的改變，蹺蹺板變換了傾斜的方向，活動中若軌跡控制妥當，彈珠便能滾向得分區獲得比賽的佳績，當然用趣味的競賽方式獲取科學原理之學習才是我們最大的目標。

活動二則根據彈簧或橡皮筋發生形變時，可儲存彈性位能，而彈性位能又可釋放轉換為動能的性質，我們設計了一個模擬雲霄飛車的實驗來進行比賽，從快快樂樂的比賽中探討能量轉換的關係與鉛直圓運動的物理原理，也能從軌跡操控時獲知水平拋射的物理知識。

三、活動一：彈珠盪鞦韆

(一)場地需求：一般課桌椅

(二)使用材料：

大會：竹筷子 5 雙、外徑 2.8cm 內徑 1cm 的墊圈 2 個、薄雙面膠帶 100cm、單面透明膠帶 1 小捲、橡皮筋 10 條、ABC 彩色黏土 10cm × 5cm × 2 cm (大約) 2 塊、直徑 2.5 cm 桐木彈珠 8 個、長度 22 cm 直徑 1.3 cm 的大吸管 2 支、一般小吸管 (直徑約為 0.5mm~0.8mm) 5 支、A4 珍珠板 3 片、8.7cm × 5.3cm 撲克牌 4 張、長度 100cm 的細棉線 1 條、直徑 7.5cm; 高 9.1cm 容量 200cc 的紙杯 2 個、塑膠製墊杯 1 個。

自備：尺、美工刀、剪刀、筆。

(三) 競賽製作：

以大會所發給的材料，於 15 分鐘內，四位隊員中的兩位各製作一組撲克牌鞦韆及鞦韆架，另兩位則各製作不等臂蹺蹺板及水平檔板各一組，並調整妥善以利參加競賽。製作時注意下列規定，不符規定者，競賽成績以零點計入。

1. 撲克牌鞦韆及鞦韆架：

把撲克牌一側長邊下摺成為 L 形，尺寸關係大約如圖一 (a) 所示 (誤差不得超越 1cm)，其中水平的寬面作為鞦韆板面，垂直向下的窄面為擺動時之前端，它被設計用來撞擊擋板，以使鞦韆停止擺動。在鞦韆板之上水平寬面的中央以雙面膠帶黏上一片墊圈，作為彈珠座以放置彈珠。把細棉線製成可懸掛鞦韆的擺線，製作時可在鞦韆板之下水平寬面的較窄兩側，選擇適當的對稱位置，用透明膠帶把它們固定妥當，如圖一 (b) 所示。最後再將擺線之一端綁在鞦韆架的水平橫桿上 (綁線方式不限制)，而完成了鞦韆的裝置。

鞦韆架用筷子組成口字形，架柱下方可用 ABC 彩色黏土 (參考圖四) 或大會提供之材料自行設計組合基座來固定，但鞦韆架的水平橫桿離桌面的高度不得超越 30cm，又組合時限定只能選用大會提供的透明膠帶、橡皮筋、筷子及黏土為材料。

2. 水平檔板及不等臂蹺蹺板：

在 A4 珍珠板之底面的相對兩側邊附近，各用雙面膠帶黏上小吸管，使板面水平墊高做成水平檔板，如圖二所示。

把 A4 珍珠板切割成為長 30cm 寬 10cm 的兩個長板條，再用以製成兩個不等臂蹺蹺板。製作時在靠近每個長板條一端的平面上黏一適當長度的小吸管作為墊底，並調整此端使它和水平檔板有相等高度，接著在板的同面距離墊底小吸管超過 16cm 以上自行選定一個適當位置，在此位置黏上一隻大吸管做為轉軸，如圖三所示。

不等臂蹺蹺板的正面 (和轉軸相反而方向朝上的一面)，在其長邊的兩側面可各自黏上一隻小吸管作為護欄，護欄的兩端限定在轉軸與

墊底吸管位置間，不得超越，但護欄間距及形狀可自由設計。

3. 得分紙杯由大會布置，其位置如圖四所示，杯口水平面離桌面高度為 10cm，杯心在蹺蹺板中心線正下方。

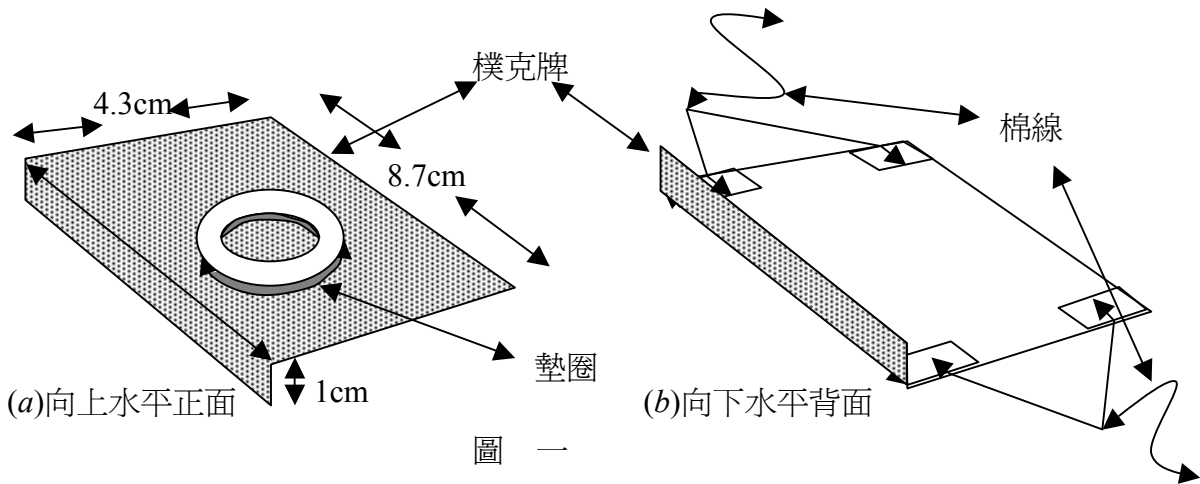


圖 一

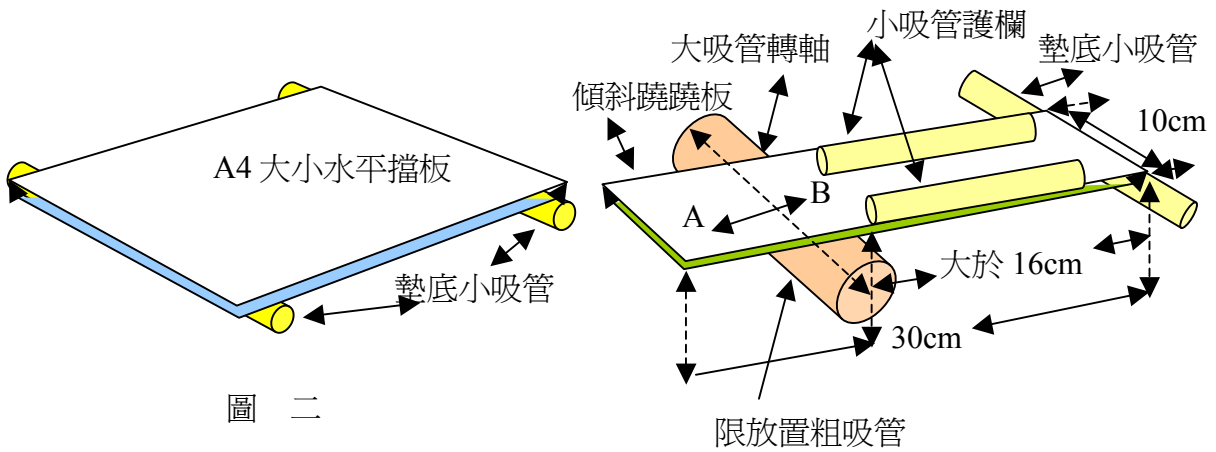


圖 二

圖 三

(四) 競賽說明：

1. 每隊分成一、二兩組，各組使用自己的造型依序參賽，造型或其附件不得與它組共用，也不可借用他隊之造型或零件，經發現者，本項不予計分，也不得補賽。
2. 競賽時，每隊各組可用總時間為 3 分鐘，時間結束，計分即確定，逾時部分不算。
3. 競賽時，在總裁判號令下開始計時，才可將裝置安置於桌面上，裝置的排列如圖四所示。
4. 各隊第一組操作完畢，應立即拆除並移走裝置，裝置移清後第二組才可接力開始裝置，並進行比賽操作，否則視同違規，成績不算。後面一組若使用前組的任何殘留材料或裝置，易視同違規，成績不計，又所有過程的計時均不暫停仍繼續累加，時間用畢競賽即結束。
5. 競賽操作時，應該先把彈珠放在鞦韆板的墊圈孔座上，才准許將鞦韆拉高放手使其向下擺動，當下擺的鞦韆板撞到水平檔板而停下來的時後，彈珠因運動的慣性仍繼續前進，因此操作正確時，彈珠將會沿圖四所示之路徑滾入紙杯內而得分。
6. 將鞦韆板拉高及放手擺動後的過程不得以任何方式去觸碰彈珠，違規者不予計分。
7. 每一參賽隊員均需下場操作，每人操作兩次，兩組四人成績總和為該隊之活動一的成績，其計分方式如表 1。
8. 競賽中若有疑問應立即向現場裁判提出，賽後不與理會。

表 1

杯內彈珠數	0	1~2	3~4	5	6	7	8
活動一得分	0	6	9	12	15	21	30

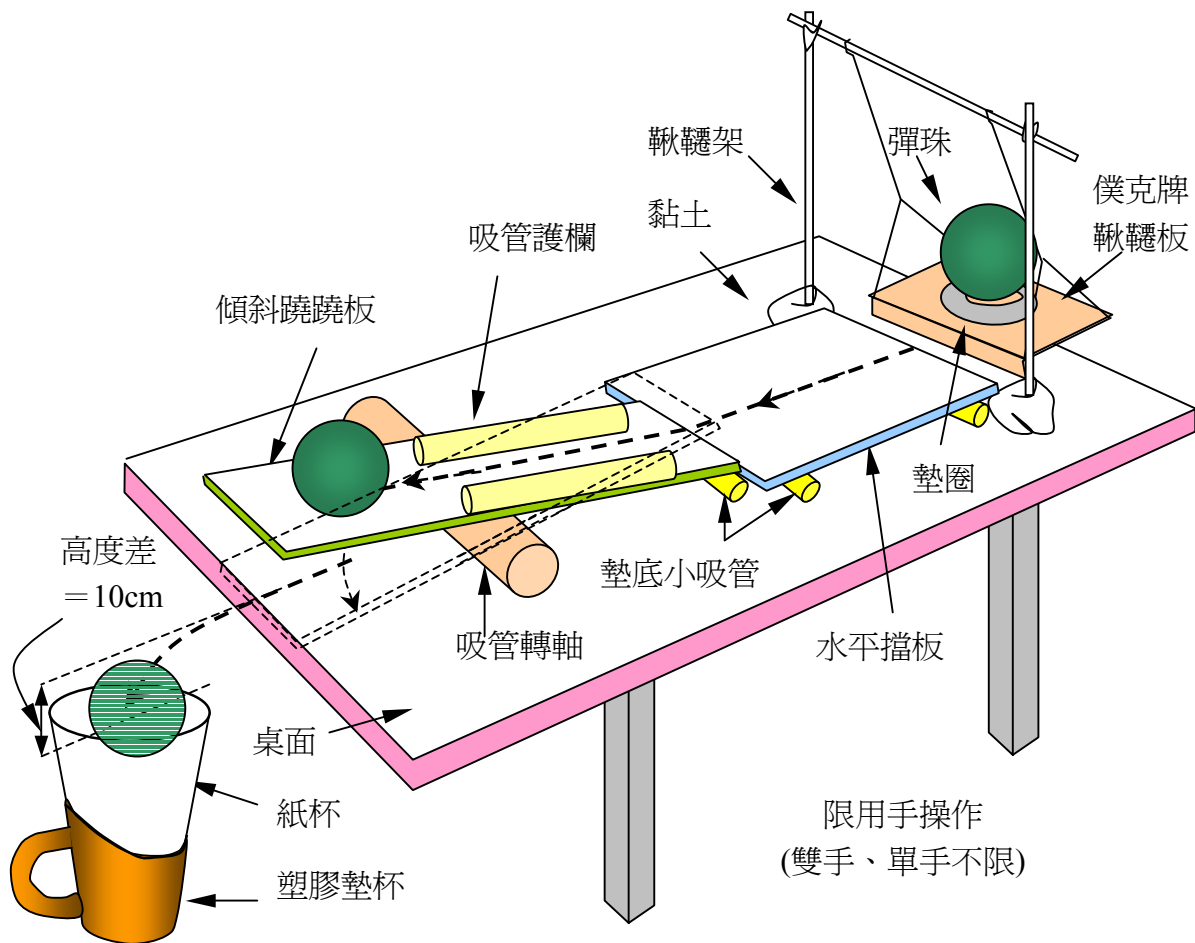


圖 四

四、活動二：雲霄飛車

(一)場地需求：一般課桌椅

(二)使用材料：

大會：長度 22cm，直徑 1.3cm 的粗吸管 4 支/隊、長度 20cm 的竹筷子 4 支/隊、橡皮筋 4 條/隊、直徑 2.5cm 的桐木彈珠 8 個/隊、直徑 7.5cm；高 9.1cm 容量 200cc 的紙杯 5 個、塑膠墊杯 5 個、長度 100cm；寬度 1.45 cm 的電線壓條 1 條、20cm×6 cm×1.5cm 固定軌道用木板條 1 片、2.8×12mm 木螺絲（鐵製品）。

自備：尺、美工刀、剪刀、十字形螺絲刀、筆。

(三) 競賽製作：

以大會所發給的材料，於 10 分鐘內，參賽之四位隊員應分別各自製作一組撞擊器，而全隊共用的一組動能、位能轉換器，則可由一人或數人共同製作完成，最後將裝置調整妥善以利參加競賽。製作時注意下列規定，不符規定者，競賽成績以零點計入。

1. 限定以大會提供之器材，現場製作撞擊器，如圖五中 A 部分，先把筷子的一端用橡皮筋綁緊，但要注意保留橡皮筋的另一端作為套環，最後把筷子套入吸管内（吸管可以裁剪），就完成了撞擊器。
2. 動能、位能轉換器，如圖五中的 B 部分，以電線壓條製成直徑（或從水平木板條量起至最高點的鉛直距離）為 22cm 以上的鉛直圓環，圓環可用螺絲釘及壓條背膠將其固定在水平木板條上。（電線壓條不得剪斷，否則視同違規，分數以 0 分計）
3. 得分杯使用五個紙杯分別由競賽者自行放置在指定的得分區，如圖六所示，其中出口位置 T 與杯口的高度差約為 20 cm，其最近水平距離則為 45cm（請參考圖六；圖五中未顯示此距離）。

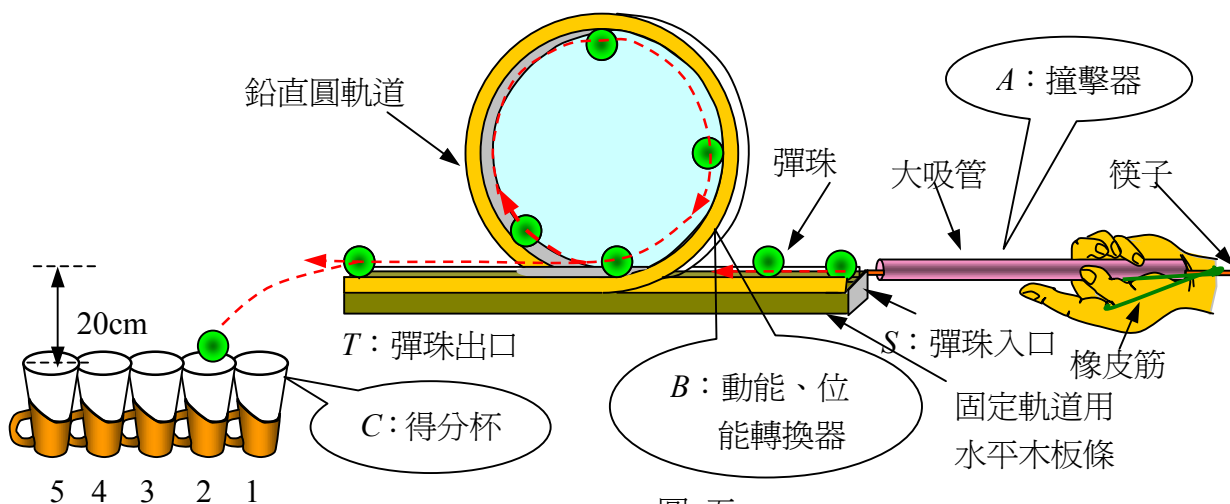


圖 五

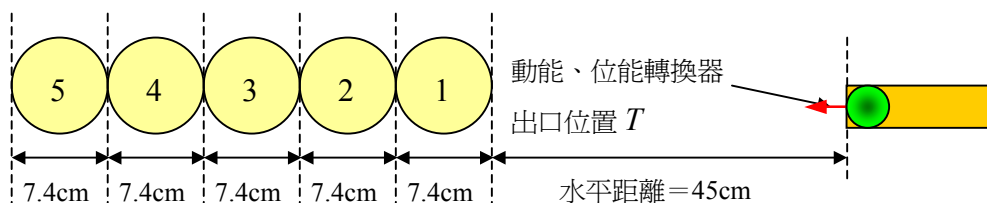


圖 六

(四) 競賽說明：

1. 競賽時，各隊四人分成兩組輪流上場，各組上場時，第一人持自行製作的撞擊器，第二位則拿塑膠彈珠，分別各就競賽位置，聽候裁判之號令來進行操作比賽。當第一人射擊完畢後，兩人角色交換，也就是第二位接替射擊，第一人改拿彈珠。
2. 競賽開始時，第一人將彈珠靜止放在動能、位能轉換器 B 的彈珠入口位置 S 處，聽後裁判允許，第一人才能開使用撞擊器將彈珠發射出去，發射速度之快慢可自行控制。
3. 第一人放置彈珠時不能有撥動彈珠動作，違規者扣除該次發射成績。
4. 撞擊器使用的方法，參考圖五的 A 部分，先將橡皮筋套在握著吸管之左手拇指的虎口上，再以右手把吸管內的筷子向後拉，並瞄準彈珠後鬆手，當彈珠被筷子撞到即可彈出，若速度大小合理，它就能繞著鉛直軌道作雲霄飛車的圓周運動，最後從出口 T 拋入得分紙杯內，各杯號之得點數如表 2 所示（完成圓運動，但未入杯內者，以得 1 點計分）。
5. 每隊活動二競賽時間共計 3 分鐘，逾時部分不列入計分。競賽時間內每一參賽隊員均需下場操作，每人應射擊兩次，以兩組四人落入杯內之彈珠獲得的總點數，參照表 3 之計分方式為該隊之本活動成績。

表 2

杯 號	杯外	1	2	3	4	5
每個彈珠得點數	1	5	3	2	4	6

表 3

彈珠總點數	0	0~8	9~16	17~24	25~32	33~40	41~48
活動二得分	0	6	9	12	15	21	30

五、活動三：創意

(一) 創意作品：凡能用撞擊方式產生動能、位能交換的趣味運動之設計皆可，但應注意安全性的設計，否則不予計分。

(二) 評選重點：以下各項取 0~6 點的範圍給點數，滿點數為 30 點，但需具備動能與位能之轉換功能。

1. 設計的創意性。
2. 設計的完美性。
3. 設計的趣味性。
4. 設計的實用性。
5. 設計的安全性。

六、評分方式：

活動一、二兩部分的分數相加即為本項目成績。最高分者若不只一隊則以活動二之成績較佳者為第一名，若此項成績仍相同，則用抽籤方式決定，以獲得『彈珠樂園』單項冠軍。

七、材料總表：

(一) 大會提供

	品名	規格	數量	備註
活動一	竹筷子	長度 20cm，尾端有環形科痕者	5 雙	
	鐵墊圈	外徑 2.8cm 內徑 1cm	2 個	
	薄雙面膠帶	薄透明	100cm 長	
	單面透明膠帶	一般	1 小捲	
	橡皮筋	直徑 5cm	10 條	
	ABC 彩色黏土	10cm×5cm×2 cm (大約)	2 塊	
	桐木彈珠	直徑 2.5cm	8 個	活動一、二共用
	大吸管	長度 22cm 直徑 1.3cm	2 支	
	小吸管	直徑約為 0.5mm~0.8mm	5 支	

	珍珠板	A4 大小	3 片	
	撲克牌	約 8.7cm×5.3cm	4 張	
	細棉線	縫衣用	100cm 長	
	紙杯	直徑 7.5cm;高 9.1cm 容量 200cc	2 個	
	塑膠墊杯	能放置上述規格之紙杯者	1 個	
活動二	大吸管	長度 22cm 直徑 1.3cm	4 支	
	竹筷子	長度 20cm，尾端有環形科痕者	2 雙	
	橡皮筋	直徑 5cm	4 條	
	桐木彈珠	直徑 2cm	8 個	活動一、二共用
	紙杯	直徑 7.5cm;高 9.1cm 容量 200cc	5 個	
	塑膠墊杯	能放置上述規格之紙杯者	5 個	
	電線壓條	長 100cm 寬 1.45cm	1 條	
	木板條	20 cm×6 cm×1.5cm	1 片	
	木螺絲	2.8×12mm	4 支	鐵製品

(二) 自備器材

	品名	規格	數量	備註
活動一	尺	自選	自定	
	美工刀	自選	自定	
活動二	剪刀	自選	自定	
	螺絲刀	配合木螺絲 尺寸	自定	
	筆	自選	自定	

八、時間總計

(一) 本項競賽時間：共計 55 分鐘

(二) 製作時間(含說明及領取材料)：18 隊共 25 分鐘

(三) 評審時間：18 隊共 30 分鐘