

旋轉吧 孩子們！



小朋友曾在電視或者現場觀賞過雜技演出嗎？覺不覺得藝人的功夫令人歎為觀止？健體課中，你學過那些民俗體育呢？中年級張澤銘老師的打陀螺、扯鈴、滾鐵圈.....你都體驗過了嗎？請回答以下高愛迪斯的問題：

1. 你會不會轉書、轉球(有人號稱什麼都能轉，連桌子也行呢)？請你試驗看看，並 **1** 簡要說明轉書、轉球成功的訣竅或原理。
2. 再加一根棒子，你會轉碟嗎(請注意安全，並絕不拿會摔破的瓷器來試)？**2-1** 若要成功運轉，器材上有沒有什麼要注意或調整的地方？**2-2** 請你說明技巧的要領。
3. **3-1** 純粹以「力」來說明(先不以「力矩」或「角動量」的觀念)，請問陀螺這類的自轉玩具是怎麼轉起來的呢？**3-2** 陀螺抗拒地心引力，能使重的一端在上而不倒下，必定有個垂直向上的力在支撐，這個力是怎麼來的？
4. **4** 有些陀螺能很穩定的垂直轉動，有的卻狂亂的產生進動現象(陀螺本身著垂直軸旋轉)；有些能好好轉、固定地方轉，有些在穩定前卻相當慌忙似的。能以陀螺的大小、外型、重心.....等特質來說明其中的原理嗎？
5. 有種外觀像「蘑菇」的陀螺，是一個很大的半球跟另一端的小棒棒。若把它球面朝下旋轉，它會自己很快翻個身，以小棒棒旋轉，較重的頭反而舉在空中。



5-1 為什麼它會翻身、什麼力量使它能對抗地心引力？**5-2** 使陀螺上下反轉，為什麼較重的一端在下旋轉不穩定，重端在上反而穩定？

6. **6-1** 說明你怎麼做才能使扯鈴流暢的轉動？扯鈴在轉動時會較穩定的原因是什麼？為何你必須不時對它做調整？**6-2** 假如有一端扯鈴往下傾，你要怎麼操作才能使線軸恢復水平？想讓它向左溜，又該如何操作？



提示：共有 10 小題，每題答對得基本分 1 分。

- 請嘗試實際操作陀螺、扯鈴、轉蛋，以實驗與觀察來歸納結論。
- 展示圖片、照片、表格等不同的結果呈現方式酌加 1-3 分。

★ 截日期:104 年 12 月 1 日 星期五 下午 16:00 截止

1 轉書與轉球的小幫手：重心

物體的重心，就是物體重量分布的中心點；根據物理學原理，只要物體的重心位於支底面的上方，物體就能保持不墜。通常，一個材質均勻、形狀規則的物體，其重心就是它的中心點(例如：書與球的重心就很好找到!)

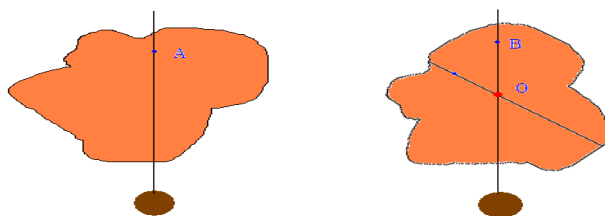
2-1 工欲善其事，必先利其器：哪種盤子較容易轉動？哪種棒子較好使用？



延伸學習：尋找形狀不規則物體的重心

即使物體形狀歪七扭八，我們仍然可以用簡單的方法找到它的重心。

1. 隨意選擇一個懸掛點 A
2. 用一條線懸掛起物體(需通過 A)
3. 描繪出這條垂線
4. 再選擇另一個懸掛點 B，重複步驟
5. 找出兩條垂線的交叉點 O
6. O 就是這個物體的重心啦!



2-2 轉盤子的技巧：棒子的圓周運動與手臂的力量

轉盤子的過程大致分為三個部分

1. 找到盤子的重心(因為盤子質地均勻，不論圓的方的，重心通常都在正中心)，將棒子支撐於盤子底部重心的相對位置。
2. 輕輕搖動棒子，給予盤子轉動的初速度(初學者也可以用手輔助)。
3. 持續搖動棒子，施予盤子加速度，直到盤子平穩地旋轉，即可停止加速度，穩定轉速。

實際操作的時候，我發現了兩個要領。第一，若以重心為圓心，用棒子做半徑為 1 公分的圓周運動，盤子轉得比較穩。第二，轉盤子的時候不能全身用力，應當只用手臂的力量，盤子的轉動會比較平穩。

3-1 陀螺轉動的秘密：牛頓運動定律

根據牛頓第一運動定律(慣性定律)，當一個物體受到數力的作用，若其合力(大小、方向)為零，且各力對任一點之力矩和亦為零，就稱此力學系統是處於平衡狀態。換言之，當物體呈現一種「動者恆動、靜者恆靜」的狀態時，即可稱之為「平衡」。

當陀螺受力旋轉時，因各方向離心力總和達到平衡，因此陀螺能暫時用軸端站立，保持平衡現象！

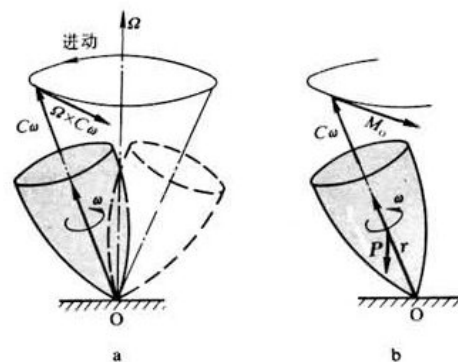
接著受到空氣阻力、地面摩擦或陀螺重心問題等因素影響，使其旋轉的力道逐漸減弱，等到動力消失時，陀螺也跟著左搖右晃的倒下！

一般而言，靜態的平衡大多屬於穩定平衡，動態的平衡則多屬於不穩定平衡。根據牛頓第二運動定律(運動定律)，外力作用會使物體產生加速度。



3-2 陀螺與地心引力的對抗：垂直向上的力

陀螺可以在轉動時立起來，是因為「各方向力切線形成向上分力」達到轉動平衡，再加上「地面支撐力」使陀螺原地轉動而不倒下。其中，「各方向的力」是經由角動量變化形成的力矩。此時所有"非重力"的合力方向為向上，此力就是對抗地心引力的垂直向上力，同時也是該系統的平衡力。

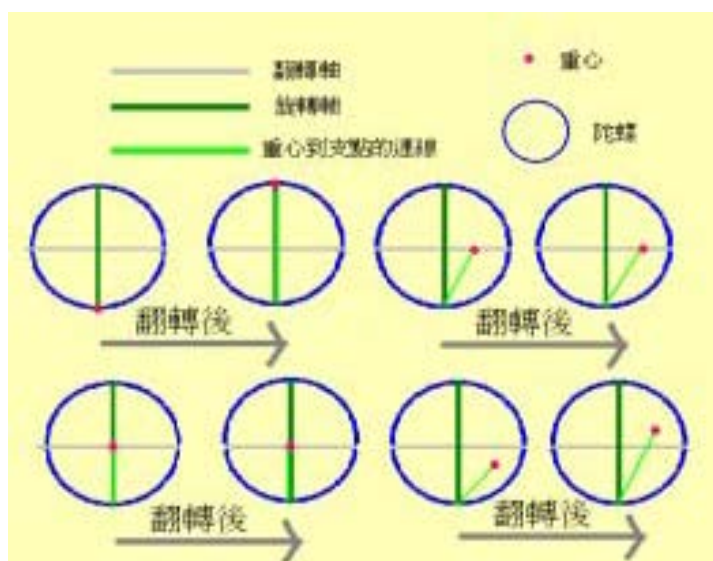
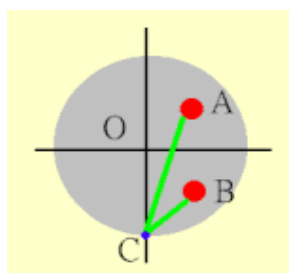


4 有些陀螺能很穩定的垂直轉動，有些卻狂亂地產生進動現象；有些能好好轉、固定地方轉，有些在穩定前卻相當慌忙似的。為什麼？陀螺重心會因大小、形狀改變而改變，藉由簡單的紙陀螺實驗，我們可以分析轉動穩定度(假設轉動時間愈長，轉動穩定度愈高)：

與轉動時間的關係	圓形紙陀螺	不規則形紙陀螺
陀螺腳高	成反比	成反比
陀螺線長	成正比	成正比
陀螺面盤大小	成正比	成正比
旋轉力量	成正比	成正比
不同轉軸接觸介質	油>瓷盤>水>細沙	油>瓷盤>水>細沙

5-1 讓「蘑菇」陀螺翻身的神奇力量

陀螺「重心偏移」時，倒轉比正轉穩定。(如右圖) 因為偏移的重心到支點與陀螺中線的夾角影響陀螺旋轉的穩定，角度越大表示要從不穩到穩定所需的能量時間越多，所以越難穩定。而倒轉的角度(角ACO)比正轉的角度(角BCO)小，所以倒轉比較穩定。



5-2 為什麼「蘑菇」陀螺的重端在下旋轉不穩定，重端在上反而穩定？

陀螺倒轉的原因是因為陀螺「重量分部不平均」，以至於陀螺在旋轉時會晃動。經基本觀察得知，陀螺重量偏底部，所以倒轉後重心位置移至上方，「到切點的角度變小，晃動程度變得較小」，因此出現會翻轉的蘑菇陀螺。

延伸學習：

- 初始偏轉角度大於 60 度時，旋轉一段時間便會倒轉，由於初始偏轉角度越接近 90 度旋轉越不穩定，所以陀螺便會倒轉尋求穩定。
- 初始偏轉角度小於 60 度時，雖然倒轉比正轉穩定，但因倒轉先經過更不穩定的 90 度範圍，所以相較之下為了尋求穩定便不倒轉。

6-1 從科學的世界看扯鈴的轉動

●白努力定律：流體流速愈大，壓力愈小

利用手拉動棉線，使棉線與鈴軸產生摩擦力，因而帶動軸心，使兩圓盒如同引擎帶動車輪旋轉一般，扯鈴速度會因棉線上下扯動的速度加快而急速轉動，進而使空氣從風洞中進入圓盒內，擠壓摩擦後，產生嗡嗡之聲響。圓盒中因空氣進入，加之速度增快，空氣產生浮力，致使扯鈴重量全失，輕如羽毛，操作方便！

※飛機也是利用此原理※
飛機向前飛，在機頭的空氣不管是背部或腹部，皆須同時到達機尾。因為飛機背部呈弧形，腹部成平面狀，所以背部的空氣流速快，相對腹部壓力就較小，所以壓力大的腹部空氣可以支撐飛機的重量，飛機就飛起來了！

●力學原理

利用斜面分力造成滾動的原理，軸心加速後沿著單一方向使力，只要順勢帶動，不需花費太大力量，即可使鈴具轉動，鈴聲響徹群霄。



●動能守衡原理

正常鈴拋下去會空轉，就是能量集中在這個旋轉內才可以持續轉動，就是說下拋後產生的旋轉力因為軸心固定所以不會讓這個力量瞬間消失而延續在這個圓周內保持轉動，這就是動能守衡原理。

6-2 假如有一端扯鈴往下傾，該如何操作才能使線軸恢復水平？想讓它往左溜，又該如何操作？

扯鈴傾斜了！

前鈴片低時(後翹起)在提拉右棍繩時，順勢將右棍繩往內(身體方向)拉鈴，此時左手將棍繩微推向外；前鈴片高時(前翹起)在提拉右棍繩時，順勢將右棍繩往外拉扯，此時左棍繩是向身體內靠之。
在調整傾斜，時機要早，並保持速度繼續提拉鈴。

扯鈴向左溜！

右手使力讓右棍垂直提鈴向上高處，扯鈴就會像座溜了。

延伸學習：扯鈴的秘訣

一律用右手使力，右棍垂直提鈴向上高處，瞬間右棍放鬆下沉並迅速提高左棍(此時繩子些微離開鈴的軸心，避免磨擦)，右棍再回低處，右手使力再次讓繩子接觸並提拉鈴心，如此動作週而復始。切記需穩定緩和單方向提拉鈴心。

資料來源

1 www.csym.edu.hk/library/Materials/resources/物理科-重心.pdf

2-2 <http://zhidao.baidu.com/question/20356406.html>

3-1 <http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2008/mtes502/home/game/ga2.htm>

3-2 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=13250>

3-2 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=21174&start=100>

4 不約而同----對稱陀螺與非對稱陀螺·嘉義縣新港鄉新港國民小學·國小組自然科·中華民國第四十六屆中小學科學展覽會

5-1&5-2 魔力？摩力！----我的陀螺會倒立·臺中市立居仁國民中學·國中組物理科·中華民國第四十二屆中小學科學展覽會

5-1&5-2 陀螺大「倒」~就是要「翻」!·基隆市立中正國民中學·國中組生活與應用科學科·中華民國第五十屆中小學科學展覽會

6-1 <http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2008/syjh01/t304.htm>

6-2 https://market.cloud.edu.tw/content/primary/gym/yl_bc/biabolo/jl.htm