

1 (1)轉球原理跟轉課本沒兩樣，找球的中心，轉的時候，手指跟手腕轉要直要轉很久，也是跟軸心有關。
(2)轉書技巧在於多練，先用中指轉，是書帶手轉而不是手帶書轉。手指貼的部位是書的中部左右，轉起書來手是一直在書的一個位置的。



2-1 我在網路上找到一個轉碟的廣告，發現可能要選擇耐摔、材質輕巧，最好底部有一個凹槽，可以讓木頭不容易滑掉，才比較好旋轉。



我們特製的膠轉碟，優點如下：

- 重量分佈平均，容易轉動，減少傾側機會；
- 質料耐用，有效避免碰撞損壞；
- 膠碟直徑適中，容易創造新花式；
- 轉動棒全木製造，有效傳遞力度到膠碟，轉動更暢順；
- 轉動棒兩端皆可轉碟，特別設計，

獨家發售

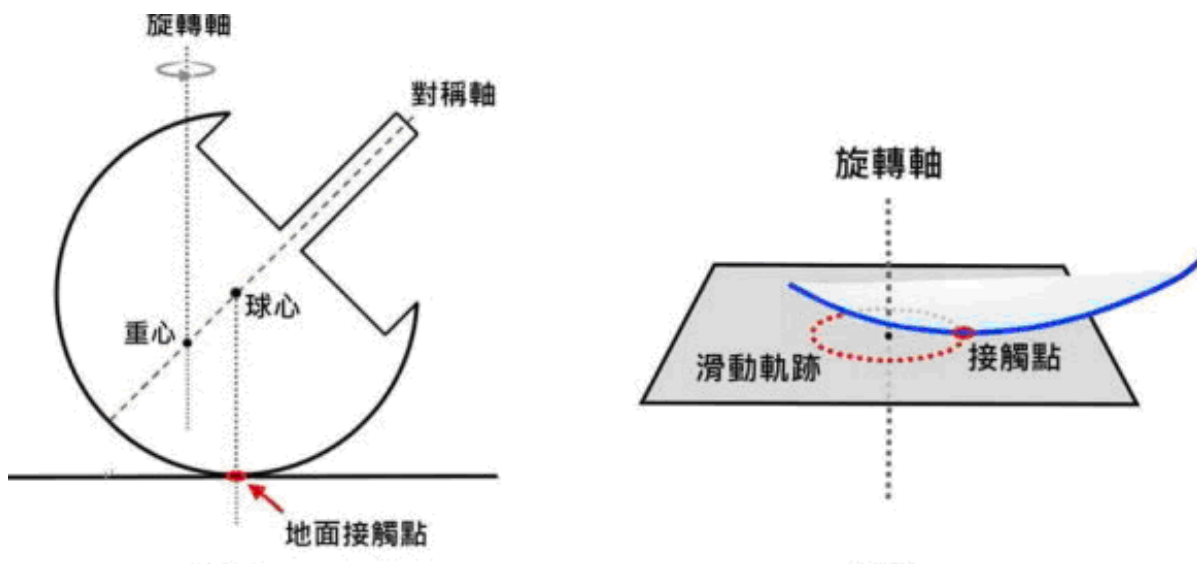


2-2 我嘗試用紙盤上面放一個方框磁鐵旋轉旋，發現和轉書原理一樣需要速度、手握木棒要為維持直立、眼睛要盯著盤子看，還有盤子大小要適中，才比較能旋轉久一點。



3-1 陀螺有離心力，有了它，陀螺才可以轉起來，如果陀螺沒有離心力的話，就會倒下去。

3-2 摩擦力。由於陀螺的尖端是一個近似的圓球形，當陀螺在旋轉時向一方傾倒時，尖端的球面的頂端將和支撐面接觸摩擦，這將導致陀螺的尖端向傾倒的方向運動。



4 陀螺可以在比較粗糙的平面上平穩的旋轉，但是在光滑的玻璃面上將不停的跳動，以獲取更多的**摩擦力**，如果在玻璃面上塗潤滑油，它不但不能運轉的平穩反而更艱難。陀螺有離心力，有了它，陀螺才可以轉起來，如果陀螺沒有離心力的話，就會倒下去。

※影響陀螺旋轉的因素：

1. 陀螺構造：陀螺愈對稱，重心落在旋轉軸上，旋轉時間愈久，陀螺愈肥，力臂愈大，扭力隨之愈大，旋轉力大，也旋轉得較久。
2. 重心高度：重心愈低，重心就不容易偏離旋轉軸，不會產生反扭力，旋轉時間就愈長。
3. 旋轉點：旋轉軸和地面的接觸面，面積愈小（最好是一點），摩擦力小，損耗少，旋轉時間增長。
4. 施力大小與連續性：施力大，旋轉力大，連續施力，維持較長時間旋轉。



◎考資料

- 在物理力學原理中，以牛頓的運動定律可以解釋陀螺轉動的原因。牛頓第一運動定律又稱為慣性定律，它說明當一個力學系統（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時，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」。物體在很多情況下都能呈現平衡狀態，不只是在靜止的時候，當它在動的時候也會達到平衡（包括星體的運行也是），有些平衡狀態能持久，而有些只是短暫現象。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；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，而這就是牛頓第二定律中，外力作用會使物體產生加速度。接著受到空氣阻力、地面摩擦、或陀螺重心問題等各因素的影響，使其旋轉的力道逐漸減弱，等到旋轉的動力消失時，陀螺也跟著左搖右晃的倒了下來。
- 玩過陀螺的人都知道，要讓陀螺立起來，必須不斷地用外力抽打，一旦失去外界力量的說明，陀螺很快就會倒下來。為什麼呢？因為陀螺的基礎太小，它無法支撐自身的重量。
- 陀螺原理的物理意義：陀螺在旋轉的時候，不但圍繞本身的軸線轉動，而且還圍繞一個垂直軸作錐形運動。也就是說，陀螺一面圍繞本身的軸線作「自轉」，一面圍繞垂直軸作「公轉」。陀螺圍繞自身軸線作「自轉」運動速度的快慢，決定著陀螺擺動角的大小。**轉得越慢，擺動角越大，穩定性越差；轉得越快，擺動角越小，因而穩定性也就越好。**
- 陀螺在旋轉的時候，不但圍繞本身的軸線轉動，而且還圍繞一個垂直軸作錐形運動。也就是說陀螺一面圍繞本身的軸線作「自轉」，一面圍繞垂直軸作「公轉」。陀螺圍繞自身軸線作「自轉」運動速度的快慢，決定著陀螺擺動角的大小。轉得越慢，擺動角越大，穩定性越差；轉得越快，擺動角越小，因而穩定性也就越好。陀螺高速自轉時，繞道支點的垂直軸作圓錐運動的現象，就是陀螺原理。

5-1 蘑菇陀螺重心位於底部偏整顆陀螺的下方。是因為蘑菇陀螺製作時有在底部、球身側邊加重。球身側邊並非像乒乓球一樣薄殼，而是有一點厚度。底部並非一個圓，而是像碗一樣的形狀，因密度相同、體積較大，質量也較乒乓球的圓底大。所以靜置不動時，因觸地面積較大，蘑菇陀螺也會呈轉軸朝上的狀態。蘑菇陀螺「轉軸朝上」旋轉時，因陀螺重心位於球體中心的下方，故陀螺會從「轉軸朝上」旋轉，會逐漸翻轉變成「轉軸朝下」旋轉。當倒轉陀螺翻轉成「轉軸朝下」旋轉時，重心就移動至球體中心的上方，成為與傳統基本型陀螺一樣的穩定旋轉模式。所以也是**摩擦力**對抗地心引力。

5-2 發現陀螺的倒轉和其重心偏移的角度有關。

蘑菇陀螺重心偏下方，所以倒轉後，重心移到上面，會使重心到陀螺旋轉支點的連線與中心線的夾角角度變小，因此倒立的陀螺晃動會比較小，比較穩定；而陀螺正轉時，因重心到支點的連線與中心線的夾角角度較大，造成陀螺旋轉時的晃動也大，因此產生動摩擦力的時間也較長，這正是推動陀螺翻轉的力量來源。而倒立後，重心到支點的角度較小，不易晃動所以陀螺自然就翻轉過來了。

- 陀螺的材質、重量、軸長也有關係，我發現學校借來的**蘑菇陀螺翻轉所需時間較快**，但自製**乒乓球倒轉陀螺翻轉後卻可以繼續旋轉較久**；**軸長 4.5CM 的乒乓球陀螺翻轉後也可以繼續旋轉較久**。



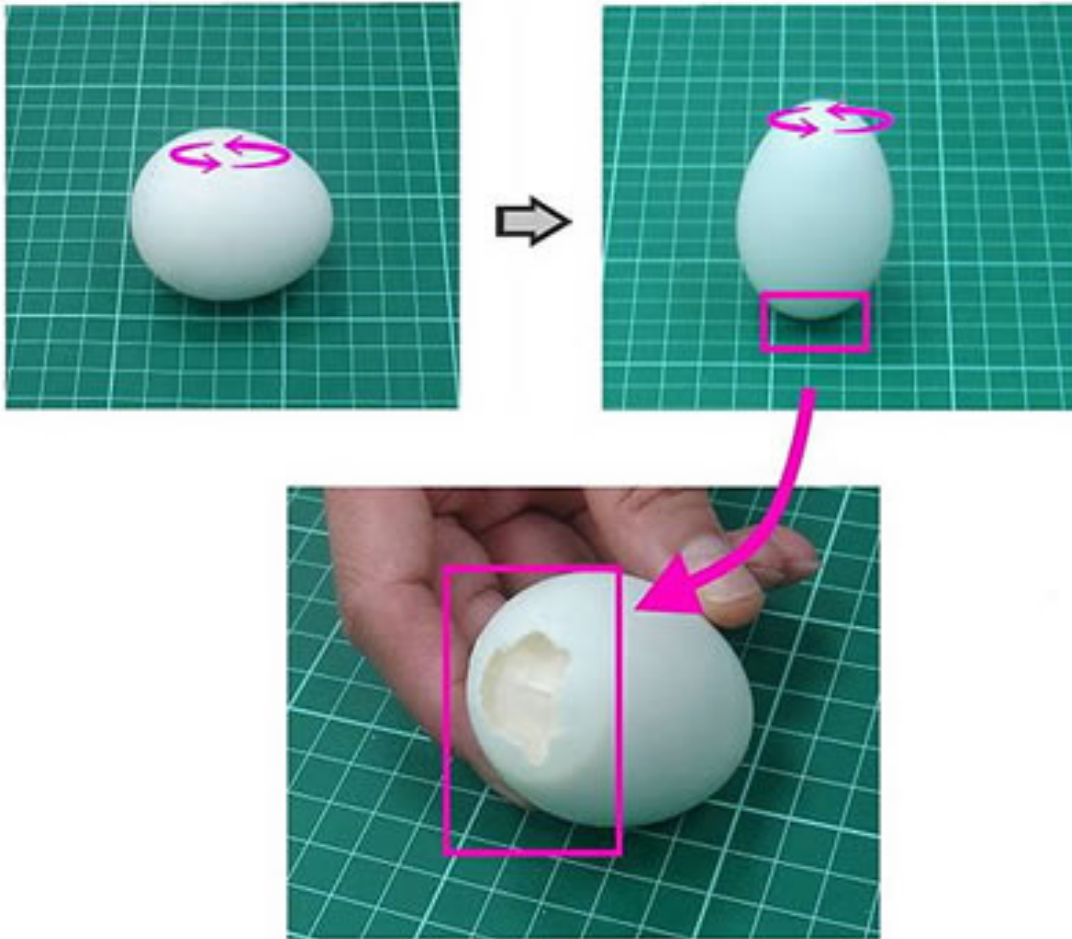
※黃色是爸爸幫我自製的陀螺，軸長分為 2 種，分別是 4CM 集 4.5CM，切口一樣。
※紅色是學校借的。
※旋轉測試後發現**黃色軸長 4.5CM 翻轉到立時可以旋轉維持比較久的時間**，我想可能是軸長、材質的關係。

參考資料

類似的原理發生在熟鴨（雞）蛋的旋轉（註：不能用生的蛋）。一般的熟鴨蛋不是完美的橢圓形，當我們將熟鴨蛋平放後快速旋轉，熟鴨蛋不會保持平躺，而是豎立起來旋轉！

有趣的是；鴨（雞）蛋裡面都有氣室，如果不敲破鴨蛋，怎樣才能知道氣室位於哪一端？除了使用燈泡照光，可以看到比較透光的氣室，還可以用旋轉的方式喔！

讓鴨蛋豎立旋轉之後，抓住鴨蛋直接敲破蛋殼，也就是將接觸桌面旋轉的那一端敲破，就是有氣室的那一端。其原因就和倒立陀螺的原理一樣。鴨蛋的氣室如同圖一倒立陀螺的上半部，使得重心較為遠離旋轉中心，因而造成同樣效果的旋轉現象。



- 另一個利用旋轉的戲法是：分辨讓熟鴨蛋和生鴨蛋。將鴨蛋平放後輕輕旋轉，不要太用力（避免豎立起來旋轉），判斷生、熟鴨蛋的方法如下：（1）旋轉較快停止的，且伴隨容易晃動現象的，是生鴨蛋。（2）鴨蛋旋轉中，還沒停止時，以手指頭由上方壓住鴨蛋中央（旋轉軸的位置），壓住後立刻放手，如果放手後還有旋轉現象，是生鴨蛋。放手後就安穩停住的，是熟鴨蛋。
- 上述的原理是因為生鴨蛋裡面是流體，旋轉時，蛋殼裡的流體並非同步的與蛋殼一起旋轉，由於流體保持慣性的傾向，而使得旋轉的生鴨蛋較容易停下來。而一旦一起旋轉之後，生鴨蛋被手指頭壓住不動的瞬間，蛋殼裡的流體尚未完全停止，因此手指頭一放鬆，流體又帶動蛋殼一起旋轉了。

6-1 扯鈴

- 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股，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。
- 利用斜面滾動的原理，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。

6-2 扯鈴姿勢

- 立姿丁字步，兩腳分開約十公分，將鈴放在左腳左前方地面上，兩手持鈴棍把鈴繩運於鈴軸之中央下方，使鈴繩成 V 字型，然後左右手鈴棍交換，使鈴繩成交叉狀，左手鈴繩在外側、右手鈴繩在內側。
- 右手在地面上帶動扯鈴，由左向右滾動，如同飛機在地面起飛之動作。當鈴快到右腳部位時，右手棍逐漸順鈴轉動之勢，將鈴提起懸在身前，然後左右手上下扯動鈴繩，使鈴在繩上平衡滾動，且不偏不斜，右手棍扯高至肩膀，同時須用力，而當右手放低時，左手順著右手力量之勢，無需用力僅做配合性的將鈴棍拉高，唯左手拉高時，應趁著鈴具騰空之剎那，隨機拉起，不使鈴繩與鈴軸發生磨擦，否則無法使鈴加速運轉。
- 如想讓扯鈴向左溜：只要**舉起右手**，扯鈴便會向左溜。

