

一、研究題目：電離轉輪

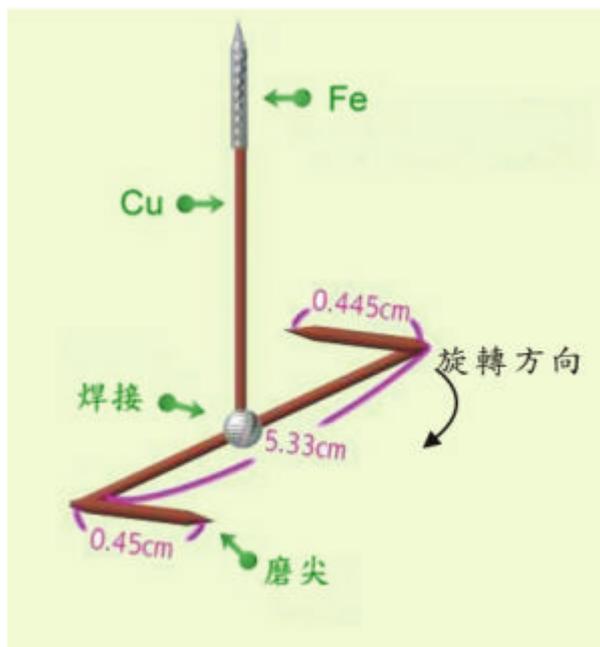
二、研究動機：為什麼我們想做「電離轉輪」呢？因為自從看了科學月刊刊載的「另類電離轉輪」後，得知這是一個會產生像馬達般，通電作功於物體使其轉動的裝置。於是我們便對它產生濃厚的興趣，是什麼原因使它轉，它又有什麼性質？這種單純的裝置能不能取代現有的馬達，成為新的電動機？這種單純的裝置能不能縮小到很微觀的尺寸，做成奈米尺寸的電動機？本著這些原始求知的想法，我們開始動手，從最基本、隨手可得的材料下手，希望做出一個會轉的電離轉輪，來觀察它的性質。

三、研究目的：探討影響電離轉輪推力大小的因素，進而推測力的來源。

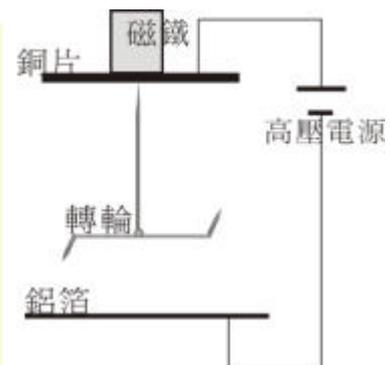
四、研究過程與方法

(一) 轉輪介紹

- 1、製作轉輪：取漆包線（銅線直徑 0.7mm），兩端以砂紙磨尖，再將其兩頭相反方向折成 90 在其中點銲以另一根漆包線作為轉軸，頂端再銲接大頭針尖端，作為磁性物質。
- 2、在一銅片上方放一磁鐵，將轉輪吸在銅片下方。
- 3、將電源的一極接在銅片上，另一極接在下方的鋁箔紙上，轉輪就會轉動。



[圖 1] 轉輪構造



[圖 2] 轉輪裝置

(二) 原始想法

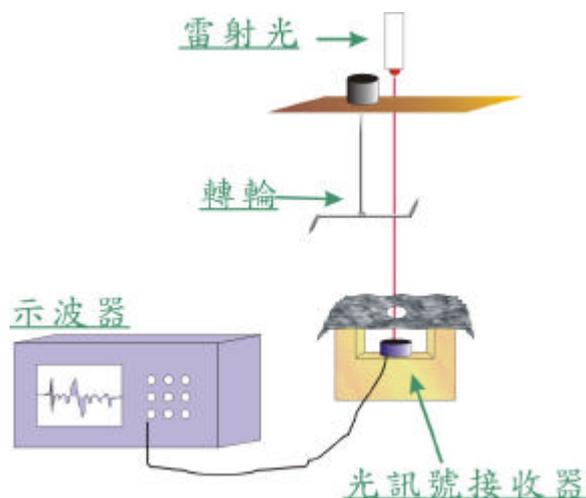
- 1、由於一直通電，會持續做功，應該會使轉輪愈轉愈快，也就是說，當開始通電，轉輪應會持續加速；但實驗結果並沒有一直向上加速，而是達到一個穩定狀態，因此我們需考慮轉輪受到的阻力作負功的影響。
- 2、我們的目的是得到轉輪尖端通電時所產生的力矩值。因此我們利用穩定時測得的角速度算出「穩定時的動能」，減速時的測量算出「阻力做功」，依照以下的式子，就可得到推力正做功。再套入加速時測量到從靜止到穩定時的位移，進而算出轉輪尖端通電時所產生的力矩值。

$$\text{穩定時的動能} = \text{推力作正功} + \text{阻力作負功}$$

- 3、依照以上的想法，我們每一組數據將測量「加速」、「穩定」與「減速」三種狀況的值
- 4、補充說明：
 - 「加速」為轉輪從靜止狀態加速至角速度維持穩定的過程
 - 「穩定」為轉輪的角速度不再變化的狀態
 - 「減速」為切掉電源的那一瞬間至轉輪完全停止的過程

(三) 實驗裝置

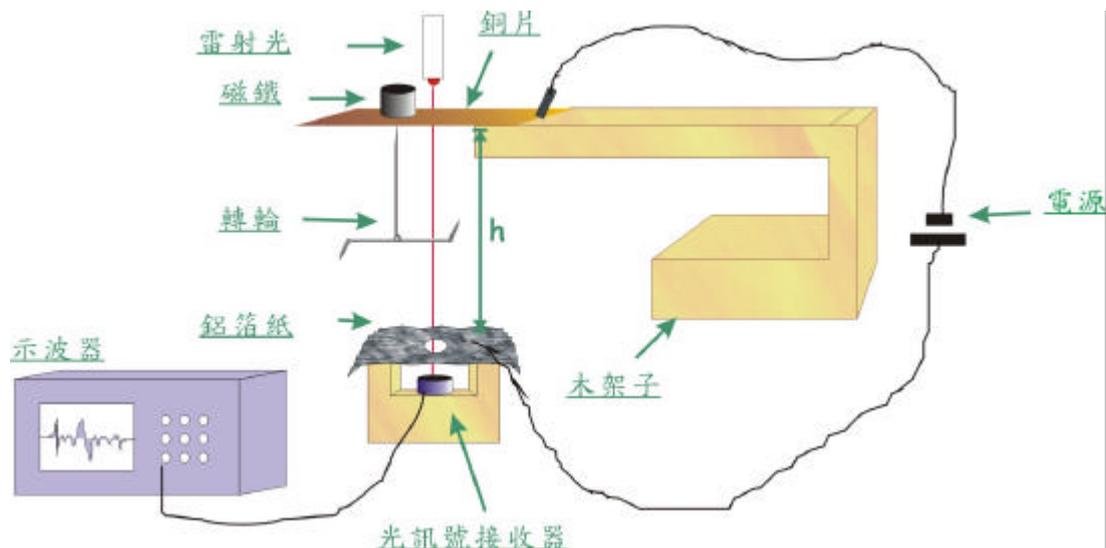
- 1、我們做了以下裝置測量電離轉輪轉動的速度：
 - (1) 示波器：連接示波器的光訊號接收器接收到雷射光而有持續穩定的訊號，轉輪掃過時會遮住接收器之感應處，接收器因感應不到雷射光而傳回訊號將結果顯示在示波器畫面上。
 - (2) 雷射：雷射光束鉛直射在光訊號接收器上，為了避免因轉輪轉動時的晃動造成的影響，我們將接收器上感應處貼上紙張後戳洞，減小感應面積，以正確顯示轉輪掃過時遮住雷射光束的時間，測出角速度()。



[圖 3] 測轉速的裝置

2、裝置示意圖

- (1) 鋁箔紙接電源供應器的另一極，以增強電場強度。
- (2) h 為銅片到鋁箔的距離。
- (3) 電源供應的正負極可相反，但並不影響實驗結果。



[圖 4] 完整裝置圖

(四) 各組實驗

氣壓：1atm、溫度：19、溼度：60%

[表一] 實驗變因對照

	電源種類	電壓(v)	h (cm)
實驗一 改變電壓(DC)大小	直流電壓	4500、4600、4700、4800、 4900、5000	7.6
實驗二 改變電壓(AC)大小	交流電壓	4000、5000 (因受限於器材限制，所以只測量兩組數據)	7.6
實驗三 改變鋁箔銅片間距(h)	交流電壓	4000	7.6、8.6、9.6、 10.6、11.1

(五) 數據處理

1、目的：

- (1) 為了解正負極距離相同時、不同電壓(AC、DC)大小對尖端受力的影響，所以必須繪出(F-V 圖)。
- (2) 為了解電壓相同時、改變正負極距離對尖端受力的影響，所以必須繪出(F-h 圖)。
- (3) 同時繪出(ω -t 圖)、(ω -h 圖)與(F-V 圖)、(F-h 圖)比較，找出其相關性。

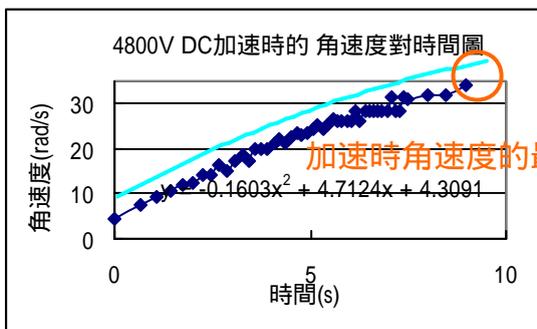
2、模型：我們設想的算式為

$$\text{穩定時的動能} = \text{推力作正功} + \text{阻力作負功} \quad [\text{式 1}]$$

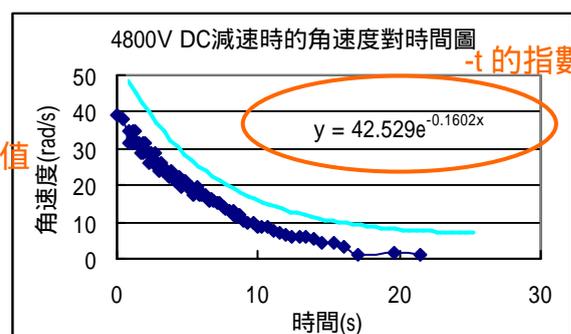
$$\left(\frac{1}{2} I \omega^2\right) = (Fr - \tau) \theta - (I \alpha \theta) \quad [\text{式 2}]$$

3、計算方法：將加速過程的受力情形帶入[式 1]

- (1) 計算轉輪的轉動慣量(I)= 1.500×10^{-6} ($\text{kg} \times \text{m}^2$)
- (2) 穩定時的動能：因為所測得的數據不如預期中完美，穩定時的角速度並無法完全的保持不變，所以在這其中，我們將 ω_{max} 代入加速時角速度的最大值。
- (3) 推力作正功：這裡的 θ 為整個加速過程所經過的角位移
- (4) 阻力作負功：參照減速時的角速度和所對應的阻抗力矩值。
因為阻抗力矩會隨角速度而改變，而減速時無外加電壓，所以減速時的力矩可視為阻抗力矩 (例如空氣阻力、轉輪尖端摩擦力 之和)
 - A. 再減速時的 ω -t 圖上找出一條最符合的指數趨勢線。
 - B. 將此 ω (t)趨勢線作一次微分得到 α (t)的方程式。
 - C. 利用 α (t) 和 ω (t)可以得 τ (ω)的函數。
 - D. 將加速時每一個 ω 所對應的 τ 、 ω 還有 I 相乘即可得到這個 ω 所對應的阻抗力矩。
 - E. 將所有 ω 下的 $I \tau$ 相加即可得到整個過程的阻抗力矩值。



[圖 5]



[圖 6]

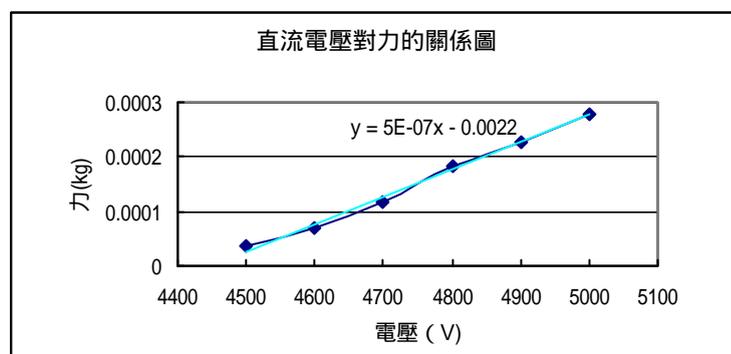
五、結果與討論

(一) 各組實驗結果

1、實驗一：改變直流電壓，正負極高度為 7.6cm

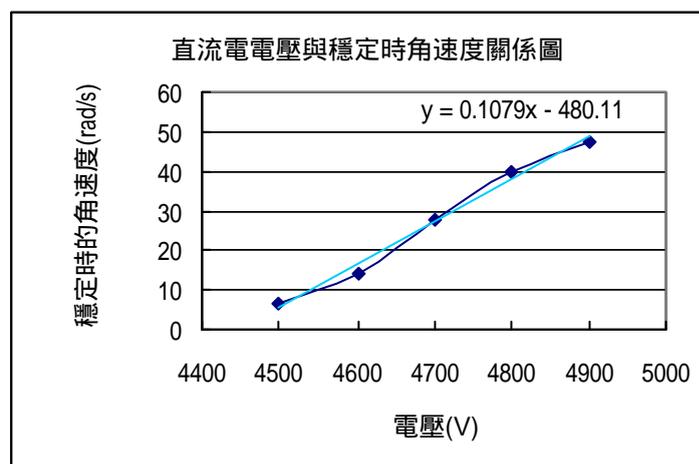
[表二]改變直流電壓下，力與穩定時角速度的比較

電壓(V)	4500	4600	4700	4800	4900	5000
力 (10^{-5} kg)	3.61	6.85	11.5	18.2	22.6	27.9
穩定時角速度(rad/s)	6.54	13.9	27.6	39.8	47.6	65.2



[圖 7]

觀察此圖，可發現力有隨電壓逐漸上升，呈現幾近正比的關係。



[圖 8]

此圖的電壓和穩定時角速度的曲線，證實了電壓和轉輪轉動的角速度也成正相關。

2、實驗二：改變交流電壓，高度為 7.6cm

(1) 原始電壓

[表 3] 改變交流電壓下，力與穩定時角速度的比較

電壓(V)	4000	5000
力(10^{-5} kg)	75.7	111.5
穩定時角速度(rad/s)	105	157

由相同高度時的直流電和交流電 4000V 和 5000V 做比較，發現交流電所產生的力矩值比直流電大得多。

(2) 電壓的最高值

當我說一個交流電壓的電壓值為 4000 時，其實他瞬間可達到的最高電壓是 4000×2 ，所以我們將交流電壓的電壓平均值換成最高值，來比較觀察其現象是否和電壓的最高值有較高的相關性，而不是因為直流和交流電壓的差別。

[表 4] 交流電壓最高值，力與穩定時角速度的比較

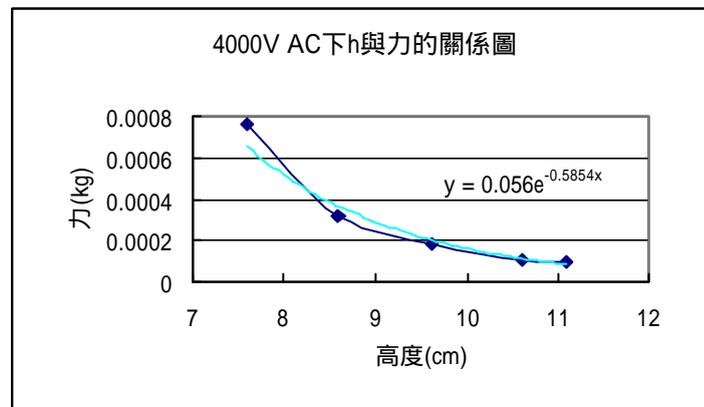
電壓(V)	5656.854	7071.068
力(10^{-5} kg)	75.7	111.5
穩定時角速度(rad/s)	105	157

雖然只有兩組數據，但是還是可以看出隨著電壓上升，力和穩定時的角速度也隨著上升。

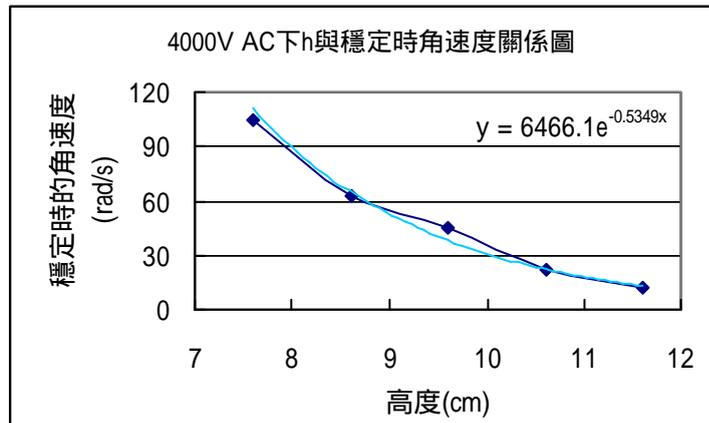
3、實驗三：改變鋁箔銅片間距(h)，電壓為 4000 V 交流

[表 5] 改變鋁箔銅片間距下，力與穩定時角速度的比較

h(cm)	7.6	8.6	9.6	10.6	11.1
力 (10^{-5} kg)	75.7	31.6	18.6	10.9	9.50
穩定時角速度(rad/s)	105	62.8	44.9	22.4	12.1



[圖 9]



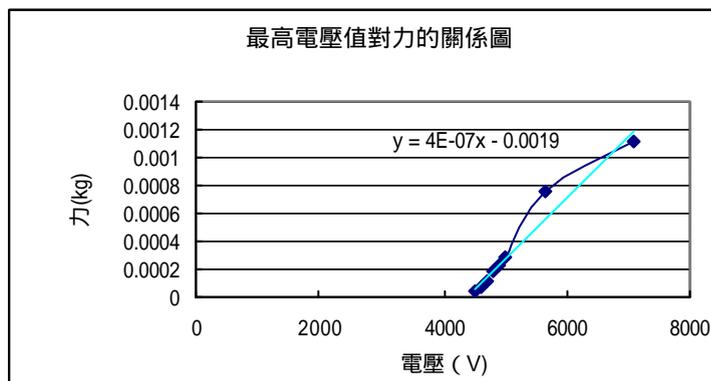
[圖 10]

(二) 比較與分析

- 1、從[圖 7][圖 8][表 3][表 4]可看出，不論是交流電壓或直流電壓，力的值和角速度的值都有和電壓成正比的現象。
- 2、[圖 11]將直流電壓的電壓和交流電壓的最高電壓值放在一起比較，我們合理的推測轉輪尖端產生的力和電源的電壓最高值成正比，而和電源是直流或交流無關。

[表 6]最高電壓值，力與穩定時角速度的比較

	直流電源						交流電源	
電壓(V)	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5656.854	7071.068
力 (10^{-5} kg)	3.61	6.85	11.5	18.2	22.6	27.9	75.7	111.5
穩定時角速度(rad/s)	6.54	13.9	27.6	39.8	47.6	65.2	105	157



[圖 11]

- 3、[圖 9]顯示，鋁箔和銅片間距 h 和力的值呈指數衰減。因為轉輪的高度不變，所以換句話說，是和轉輪到鋁箔之間的距離有反比關係。而這之間的距離和電場的大小也是相關的。

六、 結論

- (一) 無論接哪一種電源或電極轉輪都會朝同一邊轉，也就是尖端朝向的另一邊。
- (二) 經過使用力的值或穩定時角速度和變因比較時，發現兩者呈正變。所以，判定我們計算力的方式是正確的。也就是說，如果我們想要比較力和某種變因之間的關係時，其實可以直接比較其穩定時的角速度就可以了。
- (三) 轉輪尖端產生的力和電源的電壓最高值成正比，而和電源是直流或交流無關。
- (四) 轉輪尖端的受力和電場的大小有關。
- (五) 經過觀察以上現象我們推測轉輪轉動的原理如下：
 - 1、一般狀況下，空氣分子到處遊蕩。在高壓條件下，帶電導體的尖端區域具有較高的表面電荷密度，而電荷密度越高，所產生的電場越強。在高壓電源的供應下，設想轉輪尖端強烈的電場為負，則空氣中的分子就會被極化成靠近尖端的一邊帶正電，遠離尖端的一邊帶負電。異性相吸的力量因為距離較近而較大，所以分子會被吸向尖端，當這些衝向尖端的分子撞上轉輪尖端，造成一個力矩，就會推動轉輪，使其轉動。
 - 2、分子撞上轉輪後，整個就會被感應成帶負電。現在分子和尖端帶同樣電性就會互斥遠離，讓其他的分子又有機會重複以上的步驟，不斷的推動轉輪旋轉。
 - 3、不管是接直流電源的正負極，或是接交流電源，都只是尖端和分子的電性相反而以，還是會不斷的重複以上的步驟。所以轉動的狀況皆會相同。

七、 未來展望

- (一) 探討除了電壓最高值外，交流電源的頻率是否也會對轉輪有影響。
- (二) 探討環境條件的改變與放電力矩的關係。在不同的溫度、溼度下測量轉輪的放電力矩，初步推測水氣的多寡對轉輪有一定程度的影響。
- (三) 希望測量的電壓刻度能更精細，範圍更大，找出斥力矩對電壓的完整圖形。
- (四) 如果能把轉輪做得很小，加上本身原理單純的優點，就可以製造出奈米尺寸的電動機，這是傳統的線圈馬達無法達成的目標。
- (五) 我們想做一個奈米尺寸的電子風車。如果把風車縮得很小，限制它只能往一個方向轉，那麼推動風車的將不會是流動的空氣，而是流動的電子，這就是最簡易、最單純的發電機。

八、參考資料

- (一) 李長勝 李寶樹 程仲林 王愛國 著 / 2000 年出版 / 電風車交流特性的實驗研究 / 高壓電技術 / 第 26 卷 / 第一期 / 第 63-65 頁
http://www.whvri.com/publication/e_high_voltage_engineering/20001/0001/0001/000126.htm
- (二) 周鑑恒著 / 2002 年 10 月出版 / 另類電離轉輪 / 科學月刊 / 第 33 卷 / 第十期 / 第 872 頁
- (三) Richard P.O. Tom M.A. David L.G. 著 / 梁竹健 喀蔚波 譯 / 力學以外的世界 / 第一版 / 北京 / 北京大學出版社 / 第 70 頁 / 2002 年 7 月出版

九、致謝

感謝 台灣大學物理學系 趙治宇教授 指導
實驗室 研究生大哥哥 協助
陳文盛 李美英 老師的指導與協助
彭靜文 施宏燕 二位同學的實驗參與及討論

十、附錄

(一) 圖

- [圖 1] 轉輪構造
- [圖 2] 轉輪裝置
- [圖 3] 測轉速的裝置
- [圖 4] 完整裝置圖
- [圖 5] 4800V DC 加速時的角速度對時間圖
- [圖 6] 4800V DC 減速時的角速度對時間圖
- [圖 7] 直流電壓對力的關係圖
- [圖 8] 直流電壓與穩定時角速度關係圖
- [圖 9] 4000V AC 下 h 與力的關係圖
- [圖 10] 4000V AC 下 h 與穩定時角速度關係圖
- [圖 11] 最高電壓值對力的關係圖

(二) 表

- [表 1] 實驗變因對照
- [表 2] 改變直流電壓下，力與穩定時角速度的比較
- [表 3] 改變交流電壓下，力與穩定時角速度的比較
- [表 4] 交流電壓最高值，力與穩定時角速度的比較
- [表 5] 改變鋁箔銅片間距下，力與穩定時角速度的比較
- [表 6] 最高電壓值，力與穩定時角速度的比較

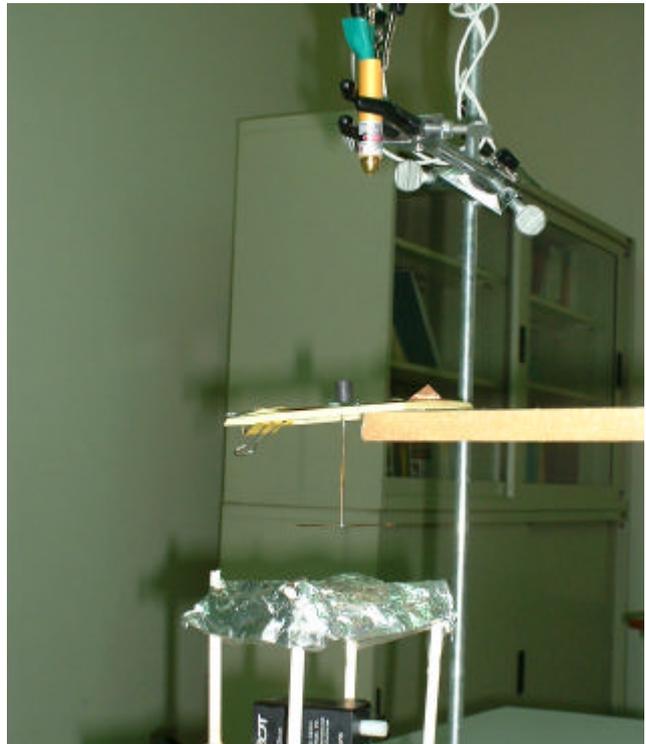
(三) 照片



[照片 1]轉輪特寫



[照片 2]轉動的轉輪



[照片 3]測轉速裝置



[照片 4]完整裝置