

向心力實驗之改良再改良

——兼談本校推展科學教育之紮根工作

高中教師組物理第三名

省立板橋高中

作者：葉政德、沈嘉祥

一、動 機

科技可經世濟國其重要性已不可待言，因此政府至望從事科學教育工作者能做好科教工作。

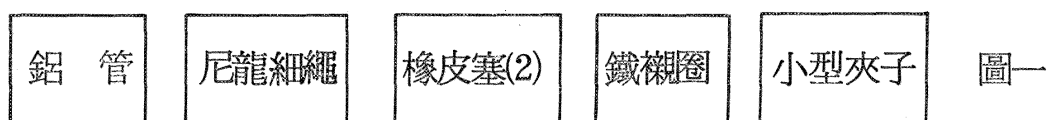
本校物理科教師咸認使命重大，因此致力於科教紮根工作，目前在升學主義仍未消除之下，本校教師之積極配合方法是鼓勵學生在配合現有教材上，例如目前實驗課程鼓勵學生如何加以用別的方法去做實驗，如何改進、改良。在改進改良過程中，可觸發學生理論與實驗配合，或產生更創新方法。

所以本校物理教師現帶領學生致力於實驗教材之改良，已獲得多次成功，更得上級重視，尤以去年推出的水波槽光干涉之改良得全國高中教師組第一名，給我們更大鼓勵。此次兩套向心力改良實驗是一連串改良中之一，其中一套已在本校列為正式實驗教材。擬將大量推廣，現連同最近才改良的一套，一併展示。

二、儀器及裝置圖

(一) 儀器

1. 已使用十幾年的 PSSC 向心力實驗教材零件是：



2. 本校全體教師第一次改良之向心力實驗零件是：

尼龍細繩

橡皮塞

彈簧

玻璃管

圖二

3. 本校教師第二次改良之向心力實驗零件是：

刻度盒

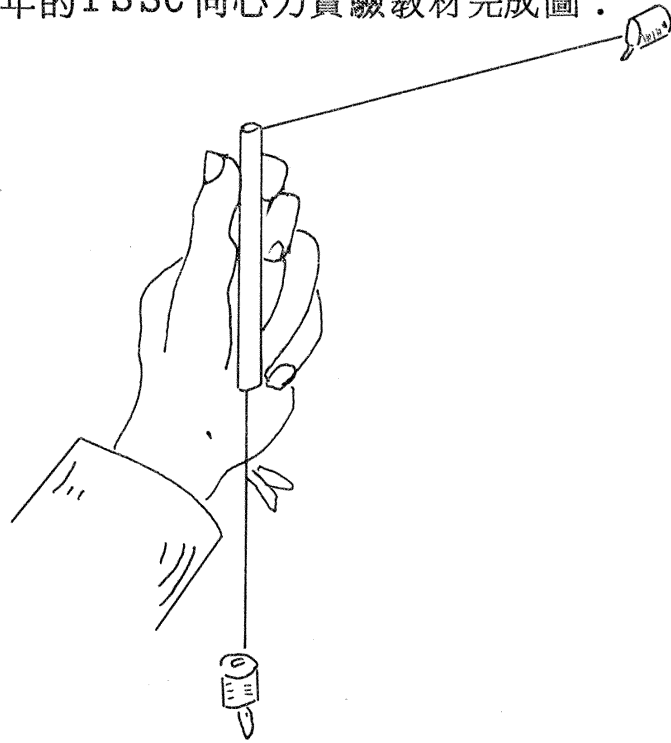
錘球

彈簧

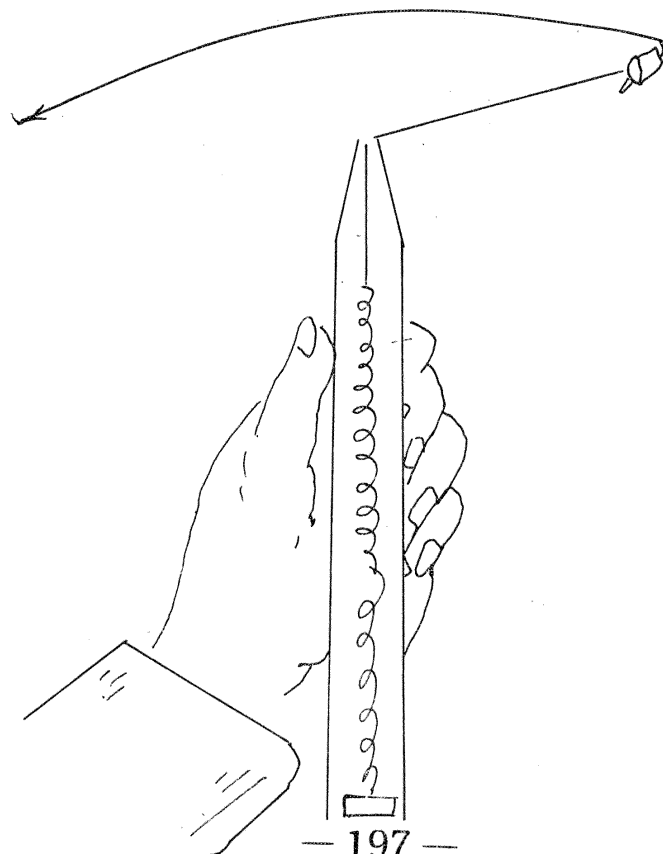
指針

圖三

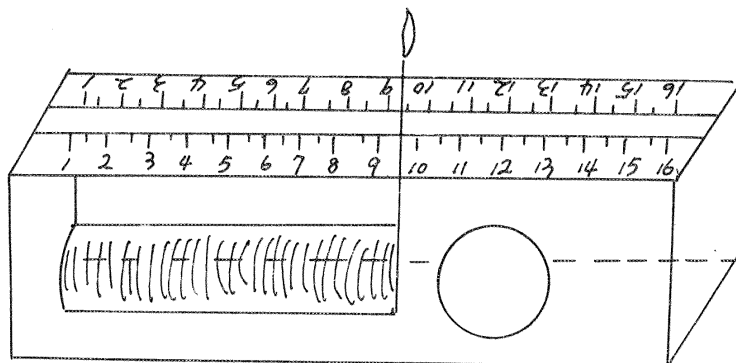
(二) 1 已使用十幾年的 PSSC 向心力實驗教材完成圖：



2 本校全體教師第一次改良之向心力實驗教材圖：



3. 本校教師第二次改良之向心力實驗教材：



三、原理與目的

以上三種裝置，皆欲證明向心力與半徑、質量、頻率之關係
即

$$F_c \propto \frac{mR}{T^2} \quad \text{或} \quad F_c \propto m R f^2$$

即 PSSC 教材課本所列 $F_c = m \frac{4 \pi^2 R}{T^2}$

F_c ：向心力

m ：圓周運動物體的質量

R ：圓周運動半徑

f ：旋轉頻率

T ：旋轉週期

四、實驗過程及優缺點

(一) PSSC 的實驗教材

1 實驗方法：

(1) 手旋轉控制 $T = \frac{1}{f}$

(2) mg 代表向心力

(3) R 代表旋轉半徑

(4) 固定 T 、 R 改變 ms 求 mg 與 ms 之關係

即得 $mg = F_c \propto ms$

(5) 固定 R 、 ms 改變 T 求 mg 與 T 之關係

$$\text{即得 } mg = Fc \propto \frac{1}{T^2} = f^2$$

(6) 固定 T 、 ms 求 mg 與 R 之關係

$$\text{即得 } mg = Fc \propto R$$

2. 優點：純理論講解比較清晰。

3. 缺點：

(1) 不安全， ms 易飛出打傷人。

(2) T 不易控制。

(3) mg 無法中途加添須停下來。

(4) 須純熟才可操作，初學者不易旋轉。

(二) 本校第一次改良之向心力實驗

1. 實驗方法：

(1) 手旋轉控制 T 或 f 。

(2) $Fc = K \Delta x$ 代表向心力。

(3) R 代表旋轉半徑。

(4) ms 代表旋轉之質量。

(5) 固定 T 、 R 求 ms 與 Fc 之關係

$$\text{得 } Fc \propto ms$$

(6) 固定 ms 、 T 求 R 與 Fc 之關係

$$\text{得 } Fc \propto R$$

(7) 固定 ms 、 R 求 Fc 與 f 之關係

$$\text{得 } Fc \propto f$$

2. 優點：

(1) 理論講解容易，學生亦易吸收。

(2) 利用虎克定律，所學加以應用，也是訓練。

(3) 不必加添 $mg = Fc$ 直接由彈簧伸長量 Δx

$$\text{求 } Fc = \Delta x$$

3. 缺點：

(1) ms 仍易傷人。

(2) 仍是手控制 T ，較不易控制。

(3)無法直接拿到日常生活中應用。

(二)本校第二次改良之向心力實驗

1 實驗過程：

(1)可電動控制 T 或 f ，若無法電動亦也可手動控制 T 或 f 的變化。

(2) $F_c = K \Delta x \div \mu mg$ (摩擦拭力)。

(3) R 代表旋轉半徑。

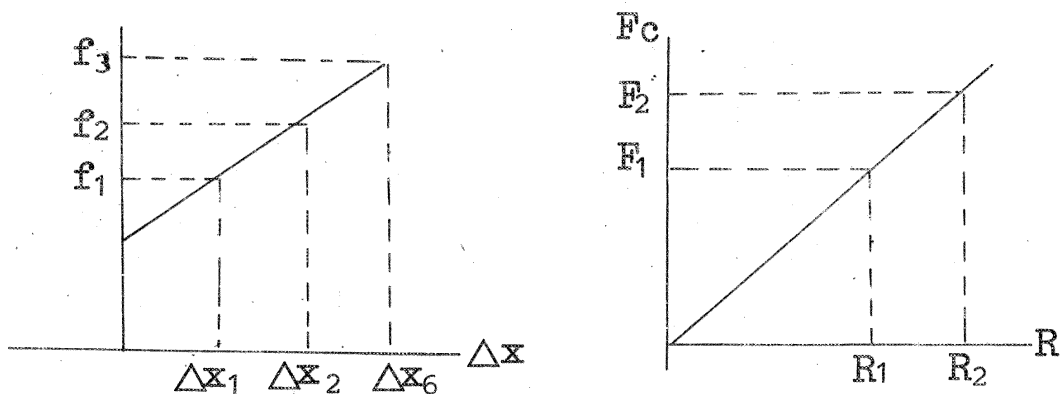
(4) ms 代表運動體質量。

(5)今以控制 ms 、 f 來求 F_c 與 R 之關係及資料圖

① 數據： $\mu = 0.6$ $m = 50 \text{ g}$ $K = 5,150 \text{ dyne/cm}$

	$\Delta X \text{ cm}$	$R \text{ cm}$	$F_c = f + K \Delta x$	f
1	2.8	7.8	$21168 + 19956.4 = 41124.4$	19956.4
2	4.3	9.3	$21168 + 30647.4 = 51815.4$	30647.4
3	5	12	$21168 + 35636.5 = 56804.5$	35636.5

②



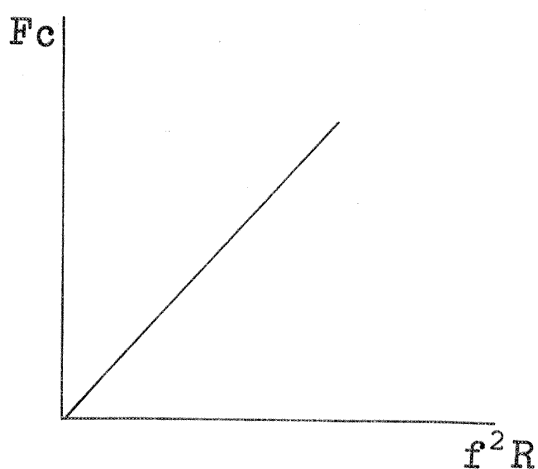
④得到 $F \propto R$ 之概念

(6)亦可控制 ms ，改變 T 、 R 求 F_c 與 T 、 R 之關係

①

	Δx	R	f	$F_c = f + K\Delta x$	f^2	$f^2 R \frac{R}{T^2}$
1	2	6	$\frac{1}{1.310}$	$21168 + 14254.6 = 35422.6$	0.583	3.498
2	3	7	$\frac{1}{1.046}$	$21168 + 21381.9 = 42549.9$	0.914	6.398
3	4	8	$\frac{1}{1.016}$	$21168 + 28509.2 = 49677.2$	0.969	7.752
4	5	9	$\frac{1}{0.988}$	$21168 + 35636.5 = 56804.5$	1.024	9.216

②



③得 F_c 與 $f^2 R$ 成正比。

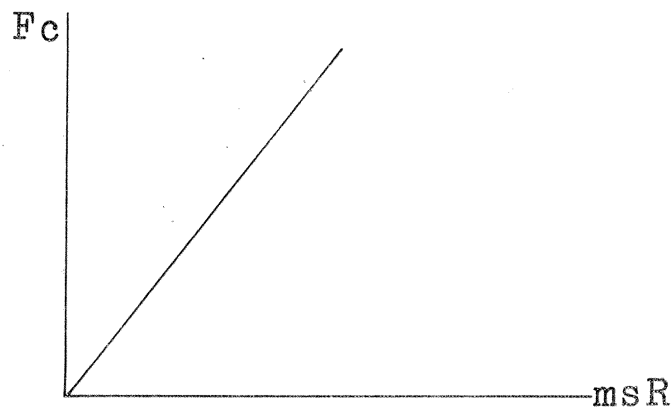
④故 F_c 與 f^2 成正比得 $F_c \propto f^2$ 之概念。

(7)亦可改變 ms 固定 T 求 F_c 與 ms 、 R 的關係。

①

	Δx	R	ms	$F_c = f + K\Delta x$	$ms R$
1	3	9.5	50	37257.9	475
2	4.5	8.5	80	53240.9	680

②



③得 $F_c \propto msR$ 。

④即得 $F_c \propto ms$ 之概念。

2. 優點：

(1) 不易造成傷害。

(2) 若是電動，極易控制 T 即 f 。

(3) 不必很容易麻煩加添 mg 。

(4) R 可任意改變。

(5) 加入虎克定律及事實生活中存在之摩擦力之概念。

(6) 引導學生多方面去思考改良，創出新的構想。

3. 缺點：

若 T 太快， Δx 較不易觀察，宜在 T 較慢中實驗，幸無影響本實驗。

五、結 論

優缺點：

	PSSC 教 材	第 一 次 改 良	第 二 次 改 良
危險性	有	有	無
頻率控制難易	難	難	易
向心力控制難易	難	易	易
有否與事實生活相關	無	無	有
有否應用性	無	無	有
是否具有引導學生思考價值	無	無	有

評語：本作品對目前高中習用之向心力實驗教具，加以改良，確具實用價值。