

九十六學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽
物理科決賽

成果報告

主辦單位：教育部

承辦單位：國立臺灣師範大學物理系

競賽日期：中華民國九十六年十二月廿日至廿二日

撰稿日期：中華民國九十六年十二月三十日

撰稿人：賈至達

目

次

壹、前言.....	1
貳、實施計劃.....	2
參、指導委員名單.....	3
肆、評審委員名單.....	4
伍、助理評審名單.....	5
陸、競賽程序表(含口試試場分配).....	6
柒、競賽規則.....	8
捌、參賽學生及指導教師名單.....	9
玖、決賽試題和參考答案.....	11
一、筆試一.....	12
二、筆試二.....	20
三、實驗試題.....	30
拾、決賽成績統計表.....	38
拾壹、問卷統計.....	42
拾貳、活動照片.....	43
拾參、參賽心得.....	53
拾肆、總結.....	68

壹、前言

教育部為加強輔導公私立高級中學物理科學教育，提高學生對物理問題的研究興趣，激發學生思考能力，藉以鼓勵學生之間與校際之間的互相觀摩，提升物理教育品質，特年年舉辦高級中學物理學科能力競賽。先由各學校自行辦理初賽，並評選優勝學生代表參加各地區之複賽。複賽由教育部中部辦公室、台北市及高雄市政府教育局分別辦理，除台北市及高雄市兩區外，台灣省分成八區，其中國立金門高中及國立馬祖高中得評選一名優勝學生參加台北市之複賽。複賽之評審係由三所師大物理系教授依輔導區組成評審團評審，其中實驗三小時佔 40%，筆試二小時佔 60%，以總分高低決定優勝名次。台灣省各區共選出優勝學生 36 人，台北市 10 人及高雄市 5 人，參加全國決賽。

96 學年度高級中學物理科能力競賽之決賽由國立台灣師範大學物理系承辦，各區複賽優勝之學生計有 51 人可參加決賽，實際報到參賽人數為 44 人，決賽於九十六年十二月廿日至十二月廿二日舉行，已圓滿結束。茲將實施計劃、競賽程序、競賽規則、指導委員、評審委員與助理評審、參賽學生及指導教師名單、決賽試題、參考解答、決賽成績統計、問卷統計結果、活動照片及參賽心得等分別介紹，最後則為本決賽之總結。

貳、九十六學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽實施計劃

一、依據：教育部台中〈一〉字第 0960137952 號函辦理。

二、宗旨：加強輔導公私立高級中學物理科教育，提高學生對物理問題研究的興趣，激發其思考與創作能力，藉以鼓勵學生間與校際間的互相觀摩，提升物理教育品質。

三、參加對象：全國公私立高級中學各年級學生，經參加省、市教育廳局舉辦之複賽，獲選為優勝者。〈名額如下：臺灣省 36 人，臺北市 10 人，高雄市 5 人。〉凡曾代表國家參加國際物理奧林匹亞競賽之選手可直接進入決賽，且不佔各區決賽選拔名額。

四、主辦單位：教育部

五、承辦單位：國立臺灣師範大學物理系

六、競賽日期：民國 96 年 12 月 20 日〈星期四〉至 12 月 22 日〈星期六〉

七、競賽地點：臺北市文山區汀州路四段八十八號師大分部物理系

八、競賽方式及內容：

(一)競賽方式

筆試：共二場，每場二小時。

實驗操作：共一場，每場三小時。

口試：一場，方式與時間由評審教授協調決定。

(二)競賽命題範圍：以高一基礎物理、高二物質科學之物理篇(上)(下)及高中物理(上)現行課程教材範圍為原則，並包含部分相關基礎科學理論題目，以評測參加者潛能。

九、評審：

(一)評審委員：由主辦單位聘請專家學者組成命題及評審委員會。

(二)競賽評分方式：實驗設計一場一百五十分為滿分，口試一百分為滿分，筆試每場一百五十分為滿分二場共三百分，總計四場成績，滿分為五百五十分。競賽名次按四場成績高低排序。

十、獎勵：

(一)優勝者由教育部發給獎狀及獎學金。

(二)獲得數理科三等獎學生之指導教師由主管教育行政機關酌予獎勵。

(三)優勝者得由主辦單位推薦參加國際物理奧林匹亞研習營、亞洲物理奧林匹亞研習營。

九十六學年度高級中物理科競賽決賽績優學生獎學金給獎標準

獎 別	人 數	獎 金 數 額	備 註
一等獎	三名	壹萬伍仟元	一、本項獎學金發給以個人為單位 二、在不超過獎學金總額前提下，得由評審委員視競賽成績酌予調整〈或從缺〉。
二等獎	七名	壹萬元	
三等獎	十名	柒仟伍佰元	

參、指導委員名單

姓 名	職 稱
吳財順	教育部常務次長
蘇德祥	教育部中教司司長
林陳涌	國科會科教處處長
郭義雄	國立臺灣師範大學校長
郭忠勝	國立臺灣師範大學理學院院長

肆、評審委員名單

姓 名	職 稱
賈至達 (召集人)	臺灣師範大學物理系教授兼系主任
蔡尚芳	吳鳳技術學院教務長
陳義裕	臺灣大學物理系教授
吳俊輝	臺灣大學物理系教授
洪連輝 (協同主持人)	彰化師範大學物理系教授兼系主任
吳武雄	彰化師範大學物理系教授
陳俊霖	彰化師範大學物理系教授
何明宗 (協同主持人)	高雄師範大學物理系教授兼系主任
林明瑞 (筆試命題召集人)	臺灣師範大學物理系教授
沈青嵩	臺灣師範大學物理系教授
陸健榮	臺灣師範大學物理系教授
傅祖怡 (實驗命題召集人)	臺灣師範大學物理系教授
陳穎叡	臺灣師範大學物理系教授
林文欽	臺灣師範大學物理系教授

伍、助理評審名單

姓 名	職 稱
劉惠芬	國立臺灣師範大學物理系助教
林淡宜	國立臺灣師範大學物理系助教
高有愛	國立臺灣師範大學物理系助教
李明芳	國立臺灣師範大學物理系助教
徐源宏	國立臺灣師範大學物理系助教
陳美瑜	國立臺灣師範大學物理系助教
謝鈞萍	國立臺灣師範大學物理系助教
孫玫蘭	國立臺灣師範大學物理系助教
謝繕如	國立臺灣師範大學物理系助教
陳藝丰	國立臺灣師範大學物理系助教
陳俊明	國立臺灣師範大學物理系技術專員
張淑真	國立臺灣師範大學物理系技術專員

陸、競賽程序表

時 間 \ 日 期		12 月 20 日 〈 星 期 四 〉		12 月 21 日 〈 星 期 五 〉	12 月 22 日 〈 星 期 六 〉	
上 午	07：20~07：50			早 餐	早 餐	
	08：00~09：00			實驗競試 (普一實驗室) (普二實驗室) (電磁實驗室) 8:00~11:00	口試 (場地再另行公佈) 8:30~11:30	
	09：00~10：00					
	10：00~11：00	試題審查 (F104)	報到 物理系 辦公室			
	11：00~12：00			物理活動 F105	專題演講- 生活中 轉動的物理 (S101)	評審會議 (F104)
	12：00~13：00	午 餐		午 餐	午 餐	
下 午	13：00~14：00	開幕式 (研究大樓 S101)		筆試二 S701 13:00~15:00		
	14：00~15：00	物理簡介 (研究大樓 S101)			閉 幕 式 頒 獎 (研究大樓 S101)	
	15：00~16：00	筆試一 S701 15:00~17:00	實驗講解 (研究大樓 S701) 15:00~16:30	賦歸		
	16：00~17：00		筆試講解二 (研究大樓 S101) 16:30~17:30			
晚 上	17：00~19：00	晚 餐			晚 餐	
	19：00~21：00	筆試講解一 (研究大樓 S101)		筆試講解三 (研究大樓 S101)		
	21：00~	休息 師大會館		休息 師大會館		

口試分組及試場分配

	口試 委員	地點	學生編號	待考室	休息區
第一組	蔡尚芳	F108	9606、9607、9617 9618、9620、9623 9633、9639、9640 9642、9644、9645	F104	F105
	吳武雄	F107			
	林明瑞	F103			
第二組	洪連輝	普一	9601、9604、9605 9612、9613、9616 9625、9629、9630 9631、9635、9646	電子	F105
	何明宗	普一			
	陳義裕	普一			
第三組	沈青嵩	普二	9602、9608、9615 9619、9621、9622 9626、9624、9628 9638、9643	電子	F105
	吳俊輝	普二			
	陳俊霖	普二			
第四組	賈至達	電磁	9609、9610、9614 9627、9632、9634 9636、9637、9641	電子	F105
	陸健榮	電磁			
	林文欽	電磁			

口試時間為上午八時三十分至十一時三十分；

柒、競賽規則

1. 參加競賽學生分別編給報名號碼（詳如競賽手冊），報到時抽籤決定競賽號碼，所有試卷和答案卷上不得書寫姓名、校名等。
2. 參加競賽學生應著無標識之服裝，不得穿著制服。
3. 競賽場所除參加學生、評審委員及配有競賽工作人員之識別證者外，一律不准進入。
4. 參加競賽學生必須佩帶識別證，並攜帶就讀學校學生證或國民身分證，經查證無誤後，始准參加競賽。
5. 各項活動開始前十分鐘入場，開始後遲到十分鐘以上或筆試開始後四十分鐘內離開試場者，視作棄權論。
6. 除無程式電子計算機、繪圖工具及必要文具用品外，不得攜帶其他物品進場。
7. 實驗前應先按照清單所列儀器、材料之名稱、數量一一清點，如有缺損應立即向助理評審人員報告，請求更換補足。
8. 競賽學生必須於準備鈴響後，才能進入實驗室，並按競賽編號入座，競賽鈴響後，才可開始進行實驗，聽到停止鐘聲後，應立即停筆並停止實驗動作。
9. 競賽學生不得在場內大聲喧嘩或隨意走動，更不得與他組學生交談或竊視他組實驗報告及操作。
10. 除試題文字印刷不清楚外，一律不作說明或解答。
11. 學生進場後，未經許可不得擅自離開競賽場所，否則取消競賽資格。如有突發事件，必須暫時離開競賽場所，需由評審人員陪同處理，且耗費時間列入比賽時間內，不另外增加。
12. 各項活動時，如遇偶發事件，應立即向評審人員報告，會同處理。
13. 競賽學生對競賽場所設備必須妥善使用，如器材損壞，無法進行可補充。但如有故意損壞或應注意而未注意以致損毀者，應負賠償責任。
14. 實驗報告應於停止鈴響後，隨即繳交評審人員，否則不予評分。
15. 競賽完畢後，需將實驗器材歸位，如有破損應向評審人員報告。
16. 本規則若有未盡事宜，由大會主持人修正或補充之。

捌、參賽學生及指導教師名單

報名序號	姓名	性別	學校	指導老師	房號
960101	翁鈺博	男	建國高中	李重賢	602
960102	謝豐澤	男	師大附中	王存雄	602
960103	徐千博	男	成功高中	許玉玫	602 未報到
960104	鄭旭峰	男	建國高中	黃普信	603
960105	朱柏聿	男	建國高中	李泗賓	603
960106	徐嘉鴻	男	和平高中	沈忠信	603
960107	辛柏伸	男	建國高中	吳文政	604
960108	李亞芸	女	師大附中	葉華于	610
960109	陶巧妤	女	中山女中	林珏君	610
960110	彭 陸	男	建國高中	戴敏章	604
960201	房曄宸	男	花蓮高中	陳耿維	604
960202	李依格	女	花蓮女中	黃叔鼎	610
960203	嚴光晨	男	花蓮高中	陳耿維	605
960204	梁伯維	男	竹林高中	曾咸裕	605
960205	盧意婷	女	金陵女中	翁正鴻	611
960206	谷禎達	男	南山高中	張永隆	605
960207	趙偉全	男	中和高中	鄭致鍾	放棄
960208	劉育麟	男	板橋高中	劉榮吉	606
960209	何應佑	男	實驗中學	陳金楓	606
960210	楊世安	男	武陵高中	萬昌鑫	606
960211	徐國仁	男	建臺高中	楊文寬	607
960212	蔡廷南	男	新竹高中	陳嘉立	607
960213	劉家銓	男	武陵高中	萬昌鑫	607
960214	宋昭賢	男	臺中一中	王昭富	608
960215	陳曉邑	男	臺中一中	姚 鴻	608
960216	魏翊書	男	臺中一中	吳溪泉	608

報名序號	姓名	性別	學校	指導老師	房號
960217	林冠伯	男	明道高中	楊永昌	609
960218	羅諺樺	男	忠明高中	游淑婷	609
960219	黃彥樺	男	文華高中	王綉雯	609
960220	徐嘉隆	男	精誠高中	楊一郎	614
960221	林裕盛	男	永年高中	鄭永宏	614
960222	鄭為中	男	嘉義高中	侯富議	614
960223	張耀升	男	嘉義高中	侯富議	615
960224	林庭媛	女	彰化女中	陳錦川	放棄
960225	丁建元	男	揚子高中	王意郎	615 未報到
960226	顏莨綺	男	黎明高中	方淇鴻	615
960227	高裕勛	男	臺南一中	杜思谷	放棄
960228	許乃倫	男	臺南一中	何俊昌	616
960229	李怡穎	女	臺南女中	施銘哲	611
960230	蘇妙莉	女	臺南女中	邱世寬	611
960231	傅裕國	男	長榮高中	徐群雄	616
960232	黃品翔	男	興國高中	吳永和	616
960233	熊秉炎	男	鳳山高中	李如薇	617
960234	何品萱	女	正義高中	楊佳德	612
960235	陳信全	男	鳳新高中	黃振盛	放棄
960236	陳映全	男	屏東高中	林俊麟	放棄
960301	郭唯誠	男	高雄中學	張鴻傑	617
960302	陳泱伊	女	高雄女中	徐德耀	612
960303	鄭開騰	男	小港高中	陳良鑑	617
960304	陳昭廷	男	高雄中學	盧政良	618
960305	李嘉偉	男	高雄中學	許程迪	618

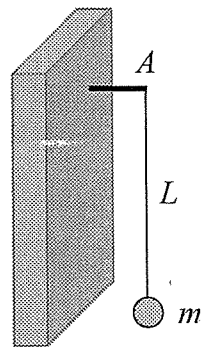
玖、決賽試題參考解答

一、筆試一 12~19

二、筆試二 20~29

三、實驗試題 30~37

- 一、如圖一所示，一單擺之擺錘可視為質量為 m 的質點，以一條長度為 L 、不可伸縮的質輕細繩，懸吊於一根質輕且固定於牆壁之水平橫桿上，橫桿可視為恆不下彎。當橫桿未懸吊單擺時，若平行於牆面，對橫桿施一大小為 F 之水平力，則懸點 A 因側彎而偏離之距離為 αF (α 為比例常數)。假設單擺平行於牆面做微幅擺動，且 $\alpha mg \ll L$ ，試問單擺擺動之週期 T 為何？(以 m 、 L 、 g 、 α 表示，且準確到 $\alpha mg/L$ 之一次方即可， g 為重力加速度)(25 分)



圖一

【參考解答】

如下圖所示，單擺之懸點為 A ，擺錘為 B ，則 $\overline{AB} = L$ 。單擺微幅振動時，若忽略微小量一次方以上之修正項，則繩上張力 $T \cong mg$ 。因懸點側偏時之位移 d 正比於張力 T 之水平分量 $T \sin \theta$ ，故

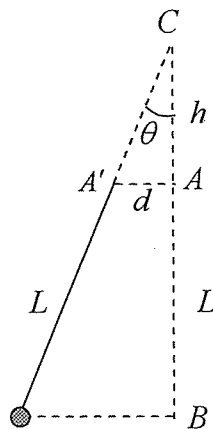
$$d = \alpha T \sin \theta \cong \alpha mg \theta \quad (1)$$

上式顯示，單擺之擺動中心位於較懸點 A 為高的 C 點；若 $\overline{AC} = h$ ，則 $d \cong h\theta$ ，由(1)式可知 h 為固定值，不隨擺角 θ 而變，即

$$h = \alpha mg \quad (2)$$

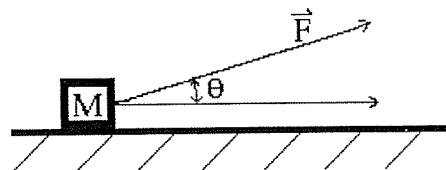
故單擺之擺動週期為

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L+h}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g} \left(1 + \frac{\alpha mg}{L}\right)} \quad (3)$$



二、一木塊質量 $M=50$ 公斤放置在一平面上（如路面）。設木塊與路面之動摩擦係數 $\mu_k=0.7$ ，今施力 $\vec{F}$ ，使木塊向右等速移動 10 公尺（如圖二）。

圖 二



(a) 如施力 $\vec{F}$ 沿水平方向（即 $\theta=0^\circ$ ）時求施力 $\vec{F}$ 之大小及對木塊所做的功。（4 分）

(b) 如施力 $\vec{F}$ 與水平面有夾角 $\theta=30^\circ$ 求施力 $\vec{F}$ 之大小及對木塊所做的功。（8 分）

(c) 求施力 $\vec{F}$ 與水平面夾角 θ 多少時？施力 $\vec{F}$ 有最小值。並求施力 $\vec{F}$ 之大小。（9 分）

(d) 承(c)，在施力 $\vec{F}$ 最小值時， $\vec{F}$ 對木塊所做的功是否也最小？請討論。（4 分）

【參考解答】

$$(a) F = mg\mu = 50 \times 9.8 \times 0.7 = 343 \text{ N}$$

$$W_F = mg\mu S = 343 \times 10 = 3430 \text{ J}$$

$$(b) F \cos \theta = (mg - F \sin \theta) \mu$$

$$F = \frac{mg\mu}{\cos \theta + \mu \sin \theta} = \frac{50 \times 9.8 \times 0.7}{\cos 30^\circ + \mu \sin 30^\circ} = \frac{343}{0.866 + 0.7 \times 0.5} = 282 \text{ N}$$

$$W_F = F \cos \theta \times S = 282 \times \cos 30^\circ \times 10 = 2442 \text{ J}$$

$$(c) F = \frac{mg\mu}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$$

$$\frac{dF}{d\theta} = \frac{-mg\mu(-\sin \theta + \mu \cos \theta)}{(\cos \theta + \mu \sin \theta)^2} = 0$$

$$\tan \theta = \mu = 0.7$$

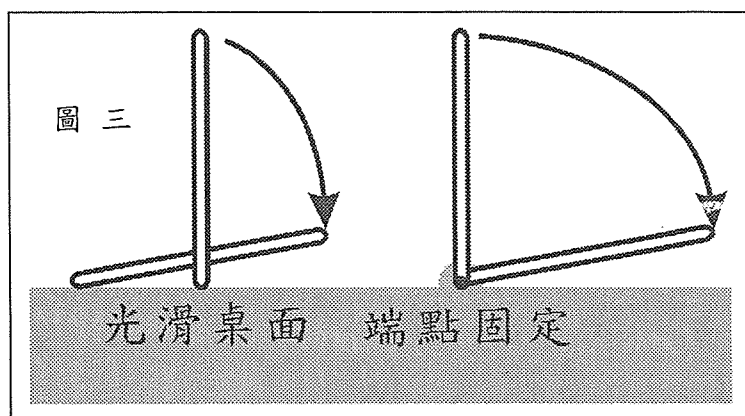
$$\theta = 35^\circ$$

$$F = \frac{mg\mu}{\cos \theta + \mu \sin \theta} = \frac{(50)(9.8)(0.7)}{\cos 35^\circ + (0.7) \sin 35^\circ} = \frac{343}{0.819 + 0.7 \times 0.5736} = 281 \text{ N}$$

$$(d) W_F = \frac{mg\mu \cos \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} \times S = \frac{mg\mu S}{1 + \mu \tan \theta}$$

W_F 隨 θ 增加而減小，因此 W_F 不是極小值。

三、如圖三中的左圖所示，一根置放在光滑桌面上的細長棍子在重力場的作用下從幾乎是垂直的狀態自由滑落。圖三中的右圖則是將相同之棍子一端固定在桌面上，然後讓它從相同的起始狀態掉落。假設摩擦力可以不計。



(a) 當兩根棍子幾乎要「躺平」的那一瞬間，

請仔細說明左右圖中的棍子之質心速率那個比較大？(10分)

(b) 當兩根棍子都處於同一傾斜角的時候，它們的質心速度是一樣的嗎？請仔細說明。(5分)

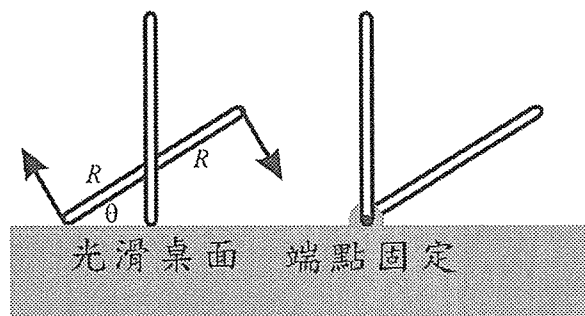
(c) 請說明哪一根棍子在掉落過程中會花費比較多的時間。(10分)

【參考解答】

(a) 當兩根棍子幾乎要「躺平」的那一瞬間，始終緊貼桌面的那個端點速度恰為零。由於兩棍的動能均相同，所以角速度也相同，故質心速率相等。

(b) 質心速度通常是不一樣的，因為左側那個沒有水平分量，但右側那個在掉落過程中幾乎都有（除了起始以及最後那一瞬間外）。

(c) 右圖會花較多時間。例如當兩根棍子都處於同一傾斜角的時候，它們的動能必然相同，但左圖之棍子的質心因為只有垂直方向之速度，而此速度和棍子與地面接觸端處之迴轉速度的垂直分量必須抵銷（因為該點始終在地面上），因此左圖中的棍子之角速率比較大。因此左邊的棍子會先「躺平」。



左圖：

$$KE = \frac{Mv_{cm}^2}{2} + \sum_j \frac{m_j(\omega_1 r_j)^2}{2}$$

$$v_{cm} = \omega_1 R \cos \theta$$

$$\Rightarrow KE = \omega_1^2 \left(\frac{MR^2 \cos^2 \theta}{2} + \sum_j \frac{m_j (r_j)^2}{2} \right)$$

右圖：

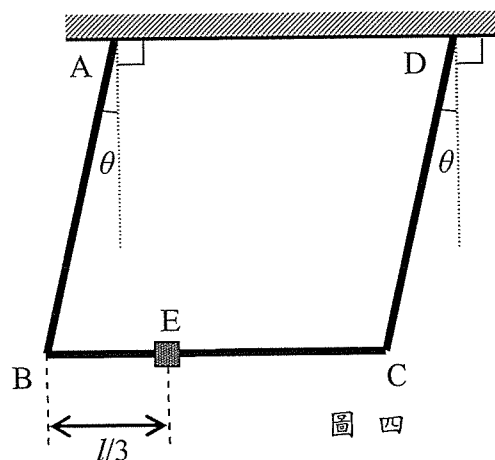
$$KE = \frac{Mv_{cm}^2}{2} + \sum_j \frac{m_j(\omega_2 r_j)^2}{2}$$

$$v_{cm} = \omega_2 R$$

$$\Rightarrow KE = \omega_2^2 \left(\frac{MR^2}{2} + \sum_j \frac{m_j (r_j)^2}{2} \right)$$

由於動能 KE 必須相等，故可以看出：通常 $\omega_2 < \omega_1$

四、今有三個質量皆為 m 、長度皆為 l 的細棒，連接於水平的天花板下，如圖四，A、B、C、D 四點皆為摩擦力可忽略之活動關節，在 BC 細棒上、距離 B 點 $l/3$ 的 E 處，固定有一質量亦為 m 的小金屬塊。此系統以 A、D 為支點進行小振幅左右擺動（即擺角 $\theta \ll 1$ ），過程中三細棒均保持在一鉛直面上運動。設重力加速度為 g 。



圖四

(a) 此系統的振盪週期 T 為多少？(10 分)

(b) 若 E 處小金屬塊的質量改為 M ，且 $M \gg m$ （即計算中可將三細棒之 m 的效應忽略）。在 $t=0$ 時，此系統自靜止釋放，釋放時擺角為 θ_0 ，則在之後的擺動過程中，BE 間細棒上的張力 F 如何隨時間 t 變化？即求出 $F(t)$ 。(15 分)

【參考解答】

(a) 只考慮週期時，此系統與右圖所示之系統等效。有許多解法可求得答案，以下僅列兩例：

〔法一〕依所受力矩及旋轉來分析：

$$\text{所受力矩為 } \tau = -\left(\frac{l}{2}\sin\theta\right)2mg - (l\sin\theta)2mg \approx -3mgl\theta$$

$$\text{轉動慣量為 } I = \frac{2m}{3}l^2 + 2ml^2 = \frac{8}{3}ml^2$$

故依「力矩產生角加速度」可得

$$\tau = I\ddot{\theta} \Rightarrow -3mgl\theta \approx \frac{8}{3}ml\ddot{\theta} \Rightarrow \theta \approx -\frac{8}{9}\frac{l}{g}\ddot{\theta}$$

此乃一簡諧運動方程式，週期為

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{8l}{9g}} = \frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{2l}{g}}$$

〔法二〕依能量守恆來分析：

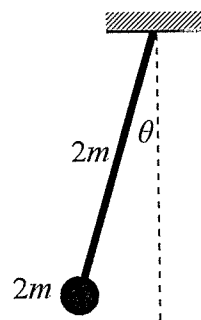
依力學能守恆可知

$$(2mgl + 2mg\frac{l}{2})(1 - \cos\theta) + \frac{1}{2}2m\left(\frac{l^2}{3}\dot{\theta}^2 + l^2\dot{\theta}^2\right) \approx \frac{3mgl}{2}(\theta^2 + \frac{8l}{9g}\dot{\theta}^2) = \text{常數}$$

$$\text{此式對時間微分一次可得 } \theta + \frac{8l}{9g}\ddot{\theta} \approx 0$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{9g}{8l}$$

$$\text{故得簡諧運動週期 } T = 2\pi\sqrt{\frac{8l}{9g}} = \frac{4\pi}{3}\sqrt{\frac{2l}{g}}$$



(b) 忽略三細棒之質量時，此系統的簡諧運動方程式為 $\theta + \frac{l}{g} \ddot{\theta} = 0$

因 $t=0$ 時擺角為 θ_0 ，故其解為 $\theta = \theta_0 \cos(t\sqrt{\frac{g}{l}})$

力圖分析如下，其中通過 E 的 $Mg \sin \theta$ 即為維持簡諧運動所需之週期力，而與它垂直的 $Mg \cos \theta$ 必須由 F_B 及 F_C 來抵消，即 $Mg \cos \theta = F_B + F_C$

又依力矩平衡知 $F_B : F_C = 2 : 1$

[法一]

$$\text{故可得 } F_B = \frac{2}{3} Mg \cos \theta$$

其沿 BE 方向上的分量即為所求 F ，即

$$F = F_B \sin \theta = \frac{Mg}{3} \sin 2\theta = \frac{Mg}{3} \sin[2\theta_0 \cos(t\sqrt{\frac{g}{l}})]$$

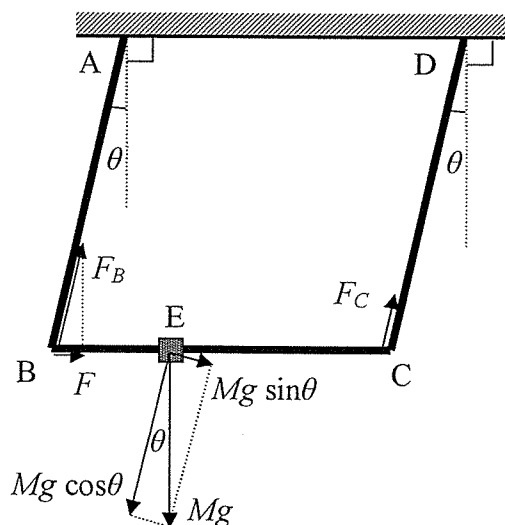
$$\text{或可近似表為 } \frac{2Mg\theta_0}{3} \cos(t\sqrt{\frac{g}{l}}) = \frac{2Mg\theta_0}{3} \sin(t\sqrt{\frac{g}{l}} + \frac{1}{4})$$

[法二]

$$F : F_{EC} = F_B : F_C = 2 : 1$$

$$\text{又 } F + F_{EC} \approx M \ddot{x}$$

$$\therefore F \approx \frac{2}{3} Ml \ddot{\theta} = \frac{2}{3} [-Mg\theta_0 \cos(\sqrt{\frac{g}{l}} t)]$$



五、投影機內有個小的液晶透光吸收螢幕，可以變換影像，然後經由聚光透鏡投影在屏幕上成像。

聚光透鏡焦距為 8 毫米，與屏幕相距 3 公尺。假設投影機鏡頭適用薄透鏡近似，內部的液晶小螢幕可以視為物體，經過透鏡成像於屏幕上。

(a) 投影機內的液晶小螢幕應距離透鏡多少公尺？(7 分)

(b) 屏幕上一樹的影像高 10 公分，在投影機內液晶小螢幕上，該樹影像高多少公尺？(6 分)

(c) 欲使屏幕上該樹的影像高寬各增為 2 倍，投影機應如何移動？(6 分)

(d) 若屏幕與投影機皆無法移動，欲使屏幕上該樹的影像高寬各增為 2 倍，透鏡焦距應改為多少公尺？(6 分)

【參考解答】

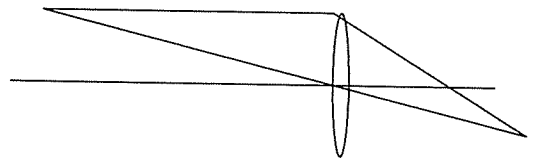
$$(a) \frac{1}{f} = \frac{1}{3} + \frac{1}{q} = \frac{1}{0.008} \rightarrow \frac{1}{q} = \frac{1000}{8} - \frac{1}{3} = \frac{2992}{24} = \frac{374}{3} \rightarrow q = \frac{3}{374}$$

$$(b) \frac{h}{q} = \frac{H}{p} \rightarrow \frac{h}{\frac{3}{374}} = \frac{0.1}{3} \rightarrow h = \frac{0.1}{3} \times \frac{3}{374} = \frac{0.1}{374} = \frac{1}{3740}$$

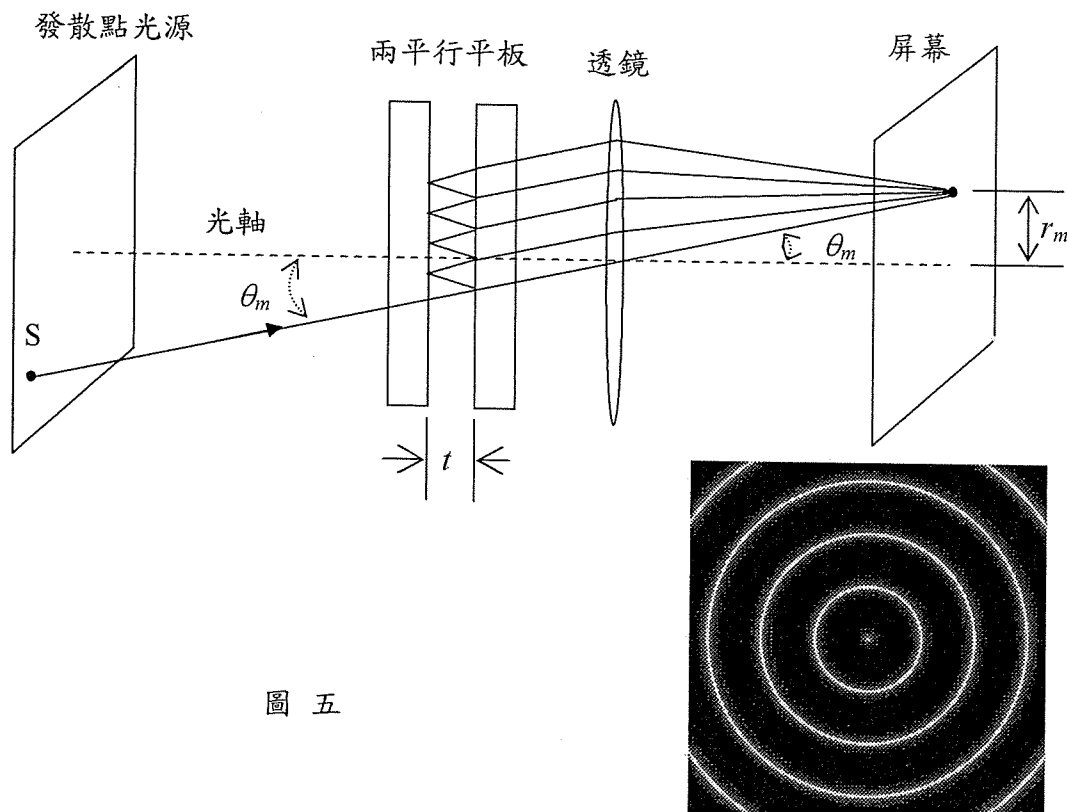
$$(c) \frac{H}{p} = \frac{h}{q} \rightarrow \frac{0.2}{p} = \frac{\frac{1}{3740}}{\frac{3}{374}} \rightarrow p = 6$$

$$(d) \frac{H}{p} = \frac{h}{q} \rightarrow \frac{0.2}{3} = \frac{\frac{1}{3740}}{q} \rightarrow q = \frac{3}{0.2 \times 3740} = \frac{3}{748}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{3} + \frac{1}{q} = \frac{1}{3} + \frac{748}{3} = \frac{749}{3} \rightarrow f = \frac{3}{749}$$



六、Fabry-Perot 干涉儀裝置示意圖，如圖五所示。發散點光源的光波波長為 λ ，兩平行板相距為 d ，且其內側可以部份透射和部份反射光線，因此當光由 S 發出時，會在兩平行板間發生多次反射與透射，如下圖所示；在經過焦距為 f 的透鏡聚光後，屏幕上會產生圓形的干涉條紋。



圖五

(a) 當入射光與光軸夾角為 θ_m 時，在屏幕上的光點恰為亮點，且此亮點與光軸的距離為 r_m 。證明此同一個圓上的亮點符合之干涉條件為 $2d \cos \theta_m = m\lambda$ ，其中 m 為正整數，即 1、2、3、……。 (10 分)

(b) 當 θ_m 很小時，也就是 $\theta_m \rightarrow 0$ 時，(a) 之結果可以寫為： $\lambda = \frac{2d}{m} (1 - \frac{r_m^2}{2f^2})$ 。 (10 分)

(c) 由 (b) 的結果證明 $r_m^2 - r_{m-1}^2$ 等於一個常數。(5 分)

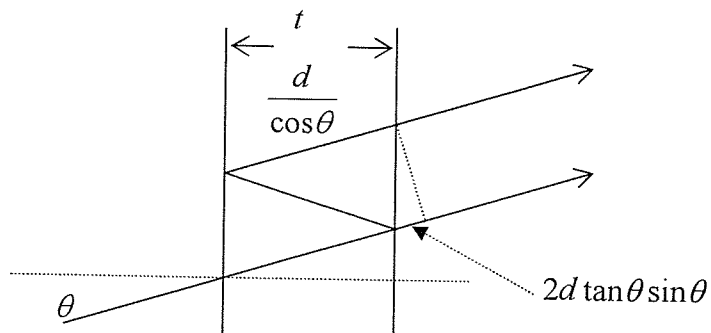
註：當角度很小時，也就是 $\theta \rightarrow 0$ 時， $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ ，且 $\tan \theta \approx \theta$ 。

【參考解答】

(a) 由右圖中計算光程差，且此光程差為波長的整數倍，及 $m\lambda$ 。故：

$$2 \cdot \frac{d}{\cos \theta_m} - 2d \tan \theta_m \sin \theta_m = m\lambda$$

$$\text{得：} 2d \cos \theta_m = m\lambda。$$

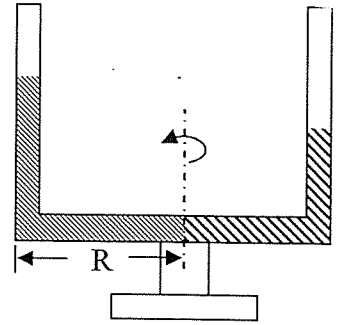


(b) 當 $\theta_m \rightarrow 0$ 時， $2d\left(1 - \frac{\theta_m^2}{2}\right) = m\lambda$ ，且 $\tan \theta_m = \frac{r_m}{f} \cong \theta_m$ ，故

$$m\lambda \cong 2d\left(1 - \frac{\theta_m^2}{2}\right) = 2d\left(1 - \frac{r_m^2}{2f^2}\right)，即：\lambda = \frac{2d}{m}\left[1 - \frac{r_m^2}{2f^2}\right]$$

(c) 由(b)之結果知道： $r_m^2 = 2f^2\left(1 - \frac{m\lambda}{2d}\right)$ ，故 $r_m^2 - r_{m-1}^2 = -\frac{f^2}{d}\lambda$ 。

- 一、如圖一，粗細均勻之雙開口 U 型管，其中 $R=20\text{cm}$ 。在 U 型管內盛入不互溶的兩種液體（液體密度比為 $2:1$ ），靜止時，調整液體容量使其兩液體的分界面保持在 U 型管中央，此時，兩液體高度差為 12 公分。今將 U 型管繞中央鉛直線以角速度 ω 旋轉，



圖一

- (a) 試問角速度 $\omega = 3 \text{ rad/s}$ (即 徑度/秒) 轉動時，分界面往那邊移動？移動多少？(12 分)
- (b) 試問角速度多少時兩液體等高？液面移動最大的距離為何？(8 分)
- (c) 在(a)中 U 型管突然靜止旋轉，當液面保持穩定震盪時的頻率為何？(5 分)

【參考解答】

- (a) U 形管內有兩不相容液體其密度比為 $\rho_1 : \rho_2 = 2 : 1$ ，即 $\rho_1 = 2\rho_2$ 。

當管靜止不動時，兩液面的高度比為 $h_1 : h_2 = 1 : 2$ 。

當管以 ω 對軸轉動時，管內液體則受到離心的現象，而且密度大的物質將移向距轉軸較遠處。設中心分界面向 ρ_1 液體方向移動，而使 ρ_1 液體的液面上升。

設 AB 段液柱的質量為 $RS\rho_2$ ，其質心到轉動軸的距離為 $R/2$ ，所受合力為 $S(P_B - P_A)$ ，式中 S 為管的截面積， P_B 和 P_A 分別為 B 和 A 截面處受到液體的壓力，由牛頓第二定律：

$$S(P_B - P_A) = \frac{1}{2}RS\rho_2\omega^2 R \text{-----(1)}$$

同理：

$$S(P_C - P_D) = \frac{1}{2}(R-x)S\rho_1\omega^2(R+x) \text{-----(2)}$$

$$S(P_D - P_A) = \frac{1}{2}xS\rho_2\omega^2 x \text{-----(3)}$$

由(2)+(3)

$$P_C - P_A = \frac{1}{2}\rho_2\omega^2 x^2 + \frac{1}{2}\rho_1\omega^2(R^2 - x^2) \text{-----(4)}$$

由(4)-(1)

$$P_C - P_B = \frac{1}{2}\omega^2(R^2 - x^2)(\rho_1 - \rho_2) \text{-----(5)}$$

且由液體壓力公式 $P = \rho gh$ ，可知液底受各溶液壓力。上式亦可為

$$P_C - P_B = (h_1 + x)\rho_1 g - (h_2 - x)\rho_2 g = x(\rho_1 + \rho_2)g \text{-----(6)}$$

由(5)=(6)

$$P_C - P_B = \frac{1}{2} \omega^2 (R^2 - x^2) (\rho_1 - \rho_2) = x(\rho_1 + \rho_2)g$$

$$\Rightarrow x^2 + \frac{2g(\rho_1 + \rho_2)}{\omega^2(\rho_2 - \rho_1)}x - R^2 = 0$$

將 $\rho_1 = 2\rho_2$ 代入上式

$$\Rightarrow x^2 + \frac{6g}{\omega^2}x - R^2 = 0$$

$$\Rightarrow x = -\frac{3g}{\omega^2} \pm \sqrt{\frac{9g^2}{\omega^4} + R^2} = -3.267 \pm 3.273 = 0.6cm \quad (-6540mm \text{ 不合})$$

(b) 因為溶液不互相混合，當 x 為高度差一半時，即 $x = \frac{1}{2}h_1$ 時兩液面等高。

$$\text{由 } x^2 + \frac{6g}{\omega^2}x - R^2 = 0, \quad \omega^2 = \frac{6gx}{R^2 - x^2}。$$

可得 $\omega = 9.8 \text{ rad/s}$ 。

由 $x^2 + \frac{6g}{\omega^2}x - R^2 = 0$ ，當 $\omega \rightarrow \infty$ 時 $x=R$ 。可知液面的最大距離為 R 。

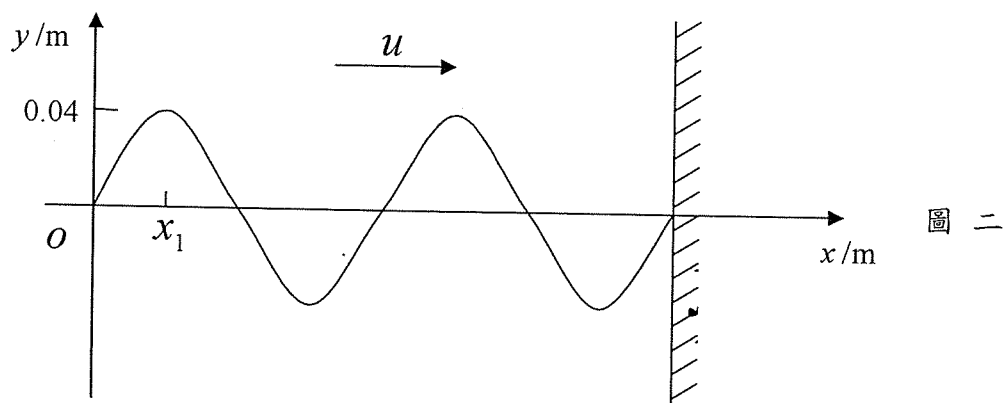
(c) 將(6)式乘上管的截面積 S ，可得系統所受之合力

$$F = (P_C - P_B)S = (h_1 + x)\rho_1 gS - (h_2 - x)\rho_2 gS = x(\rho_1 + \rho_2)gS = kx$$

可得 $k = (\rho_1 + \rho_2)gS$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{h_1\rho_1 S + h_2\rho_2 S + (\rho_1 + \rho_2)RS}{(\rho_1 + \rho_2)gS}} = 2\pi\sqrt{\frac{2h_1 + h_2 + 3R}{3g}} = 1.2$$

- 二、有一列沿 x 軸正方向的簡諧波(如圖二)，在一根線密度 $\mu = 10^{-3} \text{ kg/m}$ 和張力 $F = 10 \text{ N}$ 的弦線上傳播，其頻率 $\nu = 50 \text{ Hz}$ ，振幅 $A = 0.04 \text{ m}$ 。已知弦線上離座標原點 $x_1 = 0.5 \text{ m}$ 處的質點在 $t = 0$ 時刻的位移為 $+\frac{A}{2}$ ，且沿 y 軸負方向運動。當波傳到 $x_2 = 10 \text{ m}$ 處固定端時，被全部反射。試求入射波和反射波疊加後的合成波在 $0 \leq x \leq 10 \text{ m}$ 區間內波腹和波節各點的座標。(25 分)



【分析】

首先根據座標軸上給定點的振動狀態，建立入射波的波動表達式，然後由入射波寫出反射波的表達式。寫反射波的波動表達式時，還需考慮在固定端反射的波有 π 的相位突變。由入射波和反射波的表達式可以得到合成波的表達式。根據合成波的振幅可以確定波腹和波節的位置。

【參考解答】

根據題意，取座標軸 Ox 如上圖所示。已知 $A = 0.04 \text{ m}$ ， $\omega = 2\pi\nu = 100\pi \text{ rad/s}$ ，

$$\text{波速 } u = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{10}{10^{-3}}} \text{ m/s} = 100 \text{ m/s},$$

$$\text{在 } x_1 = 0.5 \text{ m 處質點的振動狀態為： } y = \frac{A}{2}, v < 0$$

$$\text{故初相 } \varphi_0 = \frac{\pi}{3}$$

$$x_1 \text{ 處質點的振動表達式為： } y_1 = 0.04 \cos(100\pi t + \frac{\pi}{3}) \text{ m}$$

入射波的表達式為

$$y = 0.04 \cos[100\pi(t - \frac{x - 0.5}{u}) + \frac{\pi}{3}] = 0.04 \cos[100\pi(t - \frac{x}{100}) + \frac{5\pi}{6}] \text{ m}$$

入射波在反射點 x_2 處質點的振動表達式為

$$y_2 = 0.04 \cos[100\pi(t - \frac{10}{100}) + \frac{5\pi}{6}] = 0.04 \cos[100\pi t + \frac{5\pi}{6}] \text{ m}$$

考慮反射波在反射點 x_2 的半波損失，所以反射波在 x_2 處質點的振動表達式應為

$$y_2 = 0.04 \cos[100\pi + \frac{5\pi}{6} + \pi] \text{ m}$$

於是，反射波的波動表達式為

$$y' = 0.04 \cos[100\pi(t + \frac{x - x_2}{u}) + \frac{11\pi}{6}] = 0.04 \cos[100\pi(t + \frac{x}{100}) + \frac{11\pi}{6}] \text{ m}$$

入射波和反射疊加後合成波的表達式

$$y_{\text{合}} = y + y' = 0.08 \cos(\pi x + \frac{\pi}{2}) \cos(100\pi t + \frac{4\pi}{3}) \text{ m}$$

當 $|\cos(\pi x + \frac{\pi}{2})| = 1$ 時，即 $\pi x + \frac{\pi}{2} = k\pi$ ， $x = (k - \frac{1}{2})\text{m}$ 時，為波腹位置。

在 $0 \leq x \leq 10\text{m}$ 區間內，波腹位置為 $x = 0.5, 1.5, \dots, 9.5\text{m}$ 。

當 $|\cos(\pi x + \frac{\pi}{2})| = 0$ 時，即 $\pi x + \frac{\pi}{2} = (2k + 1)\frac{\pi}{2}$ ， $x = k\text{m}$ 時，為波節位置。

在 $0 \leq x \leq 10\text{m}$ 區間內，波節位置為 $x = 0, 1, 2, \dots, 10\text{m}$ 。

三、質量為 1.0 kg 的銅塊，在 1 大氣壓下加熱使其溫度由 20°C 增高至 80°C，已知銅的密度為 8.92 g/cm³、線膨脹係數為 $1.7 \times 10^{-5} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ 、比熱為 387 J/kg-°C，水銀的密度為 13.6 g/cm³。求

(a) 銅塊受熱膨脹後增加之體積。(5 分)

(b) 銅塊對外所作的功(10 分)

(c) 銅塊受熱後增加的內能。(10 分)

請注意：計算時一定要寫出所依據的物理公式，否則將被扣分。

【參考答案】

$$(A) V = 1 / (8.92 \times 10^3) = 1.12 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\Delta V = \beta V \Delta T = 3 \alpha V \Delta T = 3 \times 1.7 \times 10^{-5} \times 1.12 \times 10^{-4} \times (80 - 20) = 3.4 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$(B) P = 13.6 \times 10^3 \times 0.76 \times 9.8 = 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{對外作功 } W = P \Delta V = 1.01 \times 10^5 \times 3.4 \times 10^{-7} = 3.4 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$(C) \Delta U = ms \Delta T - W = 1 \times 387 \times 60 - 3.4 \times 10^{-2} = 2.3 \times 10^4 \text{ J}$$

四、如圖三在一個柱狀瓶內裝有水與空氣(空氣中含有水蒸氣)，瓶內的空氣可視為理想氣體，瓶的上端以一可移動的活塞封住而形成一密閉容器，達平衡時瓶內溫度為 90°C 而壓力為 1atm ，其中水柱高度為 5cm ，空氣柱高度為 10cm 。水的飽和蒸氣壓 P 與絕對溫度 T 滿足下列方程式

$$P = P_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1.4427L}{RT}}$$

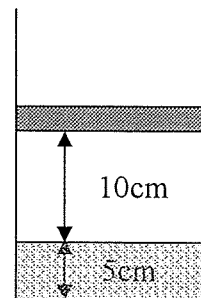


圖 三

此處 P_0 為一常數，氣體常數 $R = 8.314 \text{ J/mol}^{\circ}\text{K}$ ，水的汽化熱 $L = 2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ ，絕對零度為 -273.15°C 。已知當溫度為 100°C 時，水的飽和蒸氣壓為 1atm ，假設水的汽化熱可視為一定值，請問

- 當溫度為 90°C 時，水的飽和蒸氣壓為何？(8 分)
- 當瓶內溫度為 100°C 時，若活塞維持固定不動，則瓶內的壓力為何？(7 分)
- 當瓶內溫度為 95°C 時，若將活塞向下壓 2cm ，使得瓶內的空氣柱高度變為 8cm ，此時瓶內的壓力為何？(10 分)

【參考解答】

(a) 當溫度為 90°C 時，水的飽和蒸氣壓為

$$P_{90} = P_{100} \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1.4427L}{R} \times \left(\frac{1}{363.15} - \frac{1}{373.15} \right)} = 0.697 \text{ atm}$$

(b) 當溫度為 90°C 時乾燥空氣的分壓為 $1\text{atm} - 0.697\text{atm} = 0.303\text{atm}$

當溫度為 100°C 時乾燥乾空氣的分壓為 $373.15/363.15 \times 0.303\text{atm} = 0.311\text{atm}$ ，

所以瓶內的壓力為 $1\text{atm} + 0.311\text{atm} = 1.311\text{atm}$

(c) 當溫度為 95°C 時，水的飽和蒸氣壓為

$$P_{95} = P_{100} \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1.4427L}{R} \times \left(\frac{1}{368.15} - \frac{1}{373.15} \right)} = 0.837 \text{ atm}$$

乾燥乾空氣的分壓為 $373.15/368.15 \times 0.303\text{atm} = 0.307\text{atm}$

若將活塞向下壓 2cm ，則乾燥乾空氣的分壓變為 $10/8 \times 0.307\text{atm} = 0.384\text{atm}$ ，

所以瓶內的壓力為 $0.837\text{atm} + 0.384\text{atm} = 1.221\text{atm}$

五、如圖四所示，兩平行電極板之間的介質為空氣，右極板接地，左極板接通電壓為 100kV 的直流電源，兩板間隔為 0.50m，極板的長度為 1.0m。兩極板下緣離地的高度為 1.0m。現有一帶正電的質點，從兩極板之間的中線上的 O 點，自靜止開始自由下落。已知該質點的電量 q 和質量 m 的比值為 $9.0 \times 10^{-6} \text{ C/kg}$ ，假設兩電極板之間為均勻的電場，空氣的阻力和帶電極板的邊緣電場效應可忽略不計，回答下列問題：

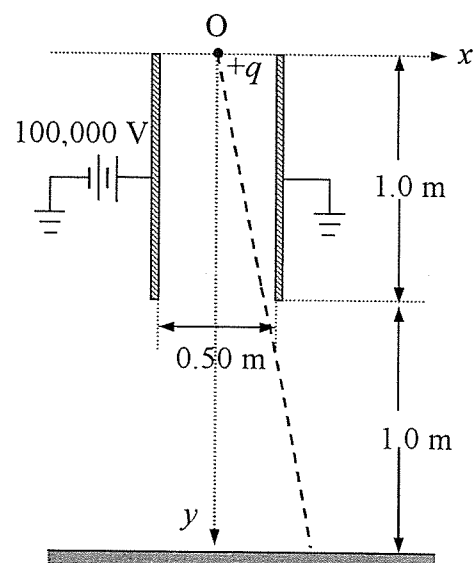


圖 四

- 該質點在兩電極板之間運動時的軌跡方程式為何？(12 分)
- 該質點脫出兩電極板下緣後的軌跡，為何種形狀的曲線或直線？(3 分)
- 該質點落地時的位置，離圖上所示的 y 軸有多遠？(10 分)

【參考答案】

(a) 當該質點在兩電極板之間運動時，同時受有重力和靜電力的作用。

取 O 點為 x - y 坐標軸的原點，質點在 y 方向上僅受重力的作用，故

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = 4.9t^2 \quad (1)$$

在 x 方向上，該質點所受的靜電力為

$$F_e = qE = q\left(\frac{V}{d}\right) \Rightarrow a_x = \frac{q}{m}\left(\frac{V}{d}\right) = 9.0 \times 10^{-6} \times \left(\frac{100 \times 10^3}{0.5}\right) = 1.8 \text{ m/s}^2$$

$$x = \frac{1}{2}a_x t^2 = 0.9t^2 \quad (2)$$

由(1)和(2)兩式中消去 t ，可得

$$y = 5.4x$$

即其軌跡形狀為一條直線。

- 當質點脫出兩電極板下緣後，已不再受到靜電力的作用，僅受有鉛直向下的重力，故其軌跡的形狀為拋物線。

(c)當質點正要脫出電極板的下緣時，其位置坐標為 (x_1, y_1) ，所經歷的時間為

$$t = \sqrt{\frac{2y_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.0}{9.8}} = 0.45 \text{ s}$$

$$x_1 = \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 0.45^2 = 0.18 \text{ m}$$

這時質點沿 x 和 y 軸的速度分量分別為

$$v_y = gt = 9.8 \times 0.45 = 4.4 \text{ m/s}$$

$$v_x = a_x t = 1.8 \times 0.45 = 0.81 \text{ m/s}$$

設該質點從脫出電極板下緣算起，至落地所需的時間為 t' ，落地時的位置坐標為 (x_2, y_2) ，則

$$y_2 - y_1 = v_y t' + \frac{1}{2} g t'^2 \Rightarrow 1.0 = 4.4 t' + 4.9 t'^2 \Rightarrow t' = 0.19 \text{ s}$$

$$x_2 - x_1 = v_x t' = 0.81 \times 0.19 = 0.15 \text{ m} \Rightarrow x_2 = x_1 + 0.15 = 0.33 \text{ m}$$

該質點落地時的位置，離 y 軸 33 cm。

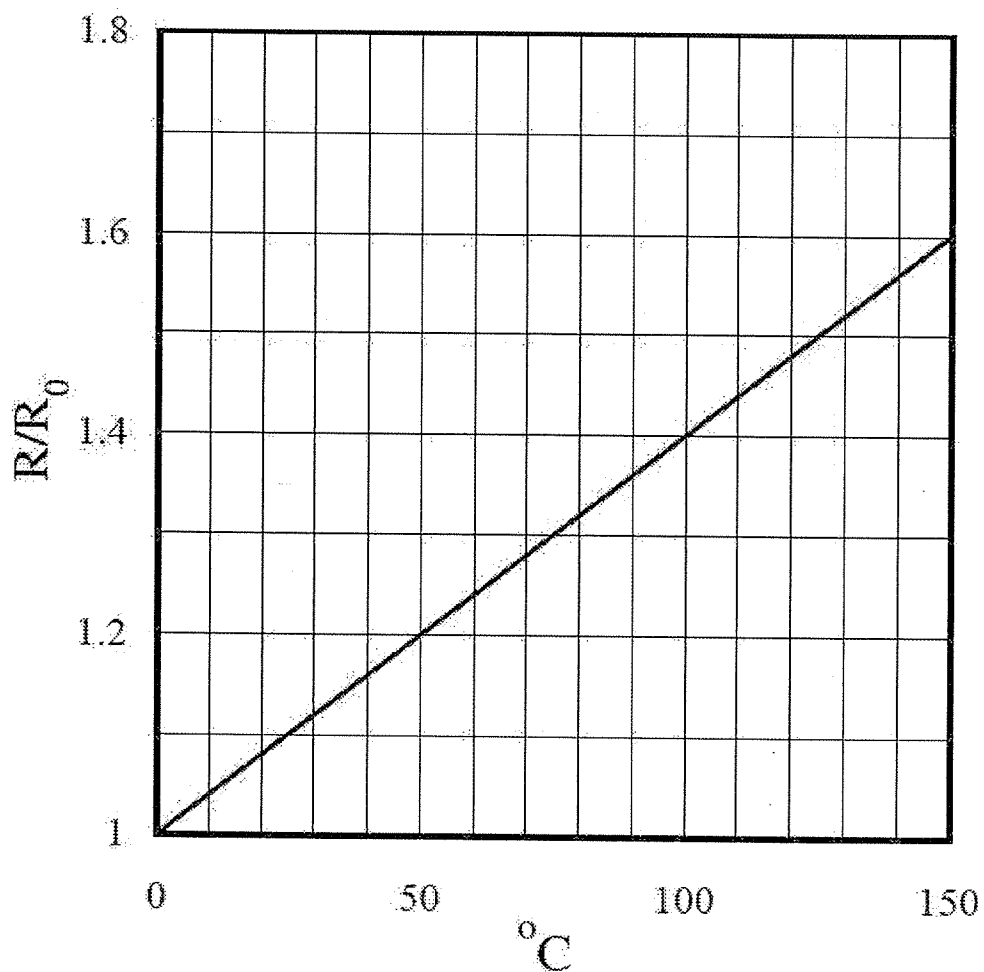
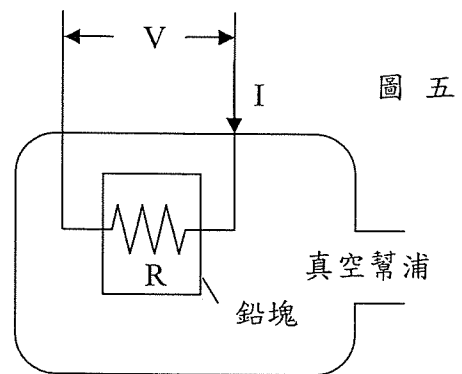
六、實驗中以電流通過電阻 R 來加熱一 500 克的鉛塊，如圖五。加熱的部份抽真空，以減低與外界之熱交換，至可忽略的程度。由 0°C 開始，總共 9 分鐘的加熱過程裡，電壓一直維持在 6.00 伏特，電流則由 2.00 安培穩定地線性降低至 1.48 安培。在實驗考量的溫度範圍內，電阻 R 隨溫度變化如表一中所示， R_0 為 R 在 0°C 的值。

(a) 這個電路的平均功率是多少？(7 分)

(b) 鉛塊的最終溫度為何？(6 分)

(c) 鉛塊總共接受的熱能是多少？(6 分)

(d) 鉛的比熱為何(焦耳/公斤 $^{\circ}\text{C}$)？(6 分)



【參考答案】

$$(1) P = VI_{av} = 6.0 \times \frac{2.0 + 1.48}{2} \text{ 平均功率 } P = VI_{av} = 6.00 \times \frac{2.00 + 1.48}{2} = 10.44 \text{ 瓦特}$$

(2) 初始電阻是 $R_i = R_0$ ，最終電阻是 R_f ，則最終溫度為

$$0 + 150 \times \frac{\frac{R_f}{R_i} - 1.0}{1.6 - 1.0} = 150 \times \frac{\frac{6.00 / 1.48}{6.00 / 2.00} - 1.0}{1.6 - 1.0} = 87.8^\circ \text{C}$$

(3) 鉛塊總共接受的熱能是 $\Delta Q = P \times \Delta t = 10.44 \times 9 \times 60 = 5637.6 \text{ 焦耳}$

(4) 鉛的比熱為 $\frac{\Delta Q}{m \Delta T} = \frac{5637.6}{0.5 \times 87.8} = 128 \text{ 焦耳/公斤}^\circ \text{C}$

九十六學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽實驗競試
【試題】

壹、注意事項：

1. 實驗報告共 7 頁，包含：封面（1 頁）、報告紙（6 頁），實驗報告撰寫於報告紙上，實驗數據的做圖，必須標示清楚（含點、線、座標及單位）。並請將圖繪於方格紙上，剪下貼於報告紙上。
2. 實驗題共三部分，每一部分的報告內容應包含：
 - (1) 測量方法、原理說明
 - (2) 繪圖標示應測量的物理量
 - (3) 畫出表格記錄測得的數據，並作數據圖及誤差分析
 - (4) 詳列實驗流程、計算過程與結果
3. 實驗操作之評審主要依據實驗報告評分，所以務必在報告中詳細記載各項內容。
4. 總測驗時間為 3 小時。

貳、實驗器材：

（請先清點器材，若有不足，請立即告知監試老師）

長彈簧 (長 25 公分，直徑 1 公分)	一條	短彈簧 (長 10 公分，直徑 0.9 公分)	一條
碼表	一個	強力磁鐵	兩個
膠帶	一卷	棉線	一卷
10 毫升量杯	一個	礦泉水(600 毫升)	一瓶
滴管	一支	長尾夾	兩個
100 公分鋼尺	一把	45 公分塑膠尺	一把
夾鍊袋	三只	剪刀	一把
方格紙	六張		

器材說明：

1. 彈簧的使用應注意其負載大小，勿超過彈性限度；若因操作不慎，破壞原有的彈簧，可舉手請監考人員再發一條，但須酌以扣部分實驗分數。
2. 注意！磁鐵磁性很強，請務必小心操作。

參、實驗內容：

第一部份：測量彈簧的彈力常數及質量。

【題目 1】利用給定之器材，設計實驗，測量長彈簧之彈力常數(k 值單位： N/m)。
(20 分)

【題目 2】承上題，測量短彈簧之彈力常數(k 值單位： N/m)。(20 分)

【題目 3】利用給定之器材，設計實驗，試著求出 1. 長彈簧 2. 短彈簧 的質量。
(20 分)

第二部分：當彈簧作簡諧運動時，利用實驗求得週期公式的質量修正係數。

說明：

將彈簧(彈性係數為 k ，質量為 m_s)懸吊起來，並於彈簧另一端吊掛重物，重物質量為 M 。用手輕拉重物，使彈簧伸長一段距離，放手後，重物作規律的簡諧運動。假設系統無摩擦力作用，並視彈簧為質量為零的理想彈簧，且彈簧在完全伸展開的情形下，則此簡諧運動的週期 (T) 公式為：

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} \dots\dots\dots (1)$$

然而，實驗中的彈簧並非理想彈簧，因此週期公式中必須考慮彈簧質量的影響。我們假設此時的週期公式為：

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{AM + Bm_s}{k}} \dots\dots\dots (2)$$

其中 A 、 B 為常數。

【題目 4】利用長彈簧和給定之器材，設計實驗，證明上述假設公式(2)成立，並求出常數 A 、 B 。
(50 分)

注意：實驗過程中，彈簧的每一圈應可自由震盪，不受碰撞。

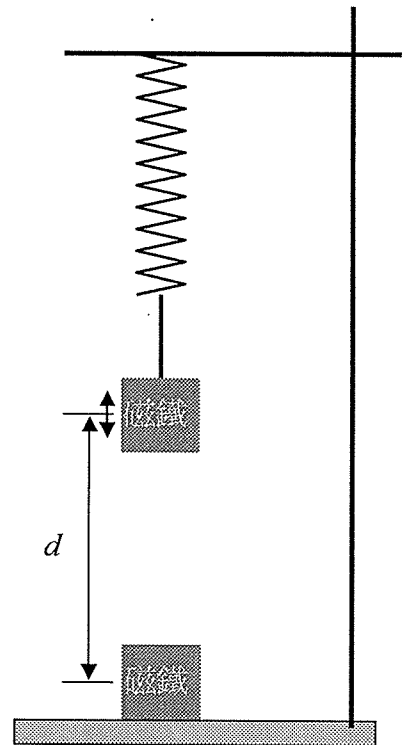
(下一頁尚有試題)

第三部分：當彈簧系統作簡諧運動，且此系統受磁力作用下，測量震盪頻率(f)和磁鐵間距離(d)的關係。

【題目 5】參看(圖一)示意圖。假設震盪頻率 f 和距離 d 的關係式為 $f_0 - f \propto \frac{1}{d^n}$ ，其中 d 為系統淨力平衡時兩磁鐵質心間距離， f_0 為 $d \gg 20$ cm 所測得的震盪頻率；請利用短彈簧和給定之器材，設計實驗，驗證其關係式，並求出 n 值。
(40 分)

注意：震盪振幅不可過大，且 d 須大於 5 公分。

彈簧下方除了磁鐵外，應再加適當的重物，才可使彈簧的每一圈自由震盪。



圖一

【參考解答】

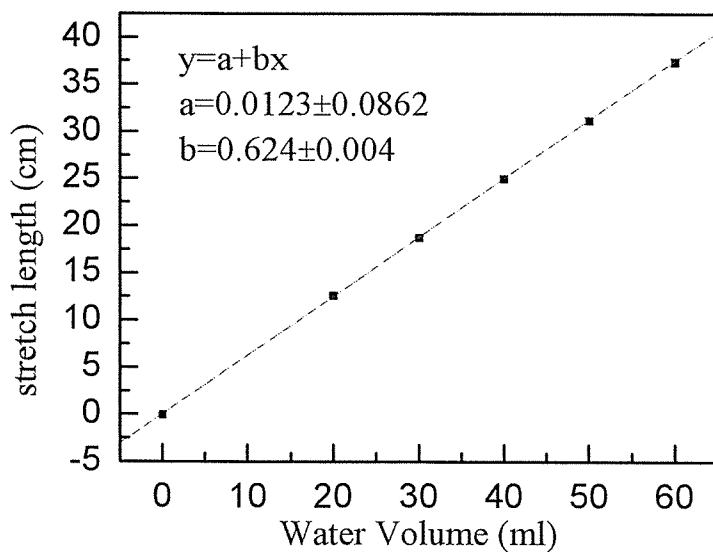
第一部分：測量彈簧的彈力常數及質量

分成兩個部份，有短彈簧和長彈簧，分別做了測量和分析，測量的方法是利用量筒、塑膠量杯、滴管和水，利用水的密度為 1 g/cm^3 製造不同的質量。

以下為實驗數據

長彈簧

水量(ml)	伸長量(cm)	不準量
0	0	0.09
10.0	6.3	0.2
20.0	12.6	0.2
30.0	18.75	0.1
40.0	25.0	0.3
50.0	31.2	0.4
60.0	37.4	0.4

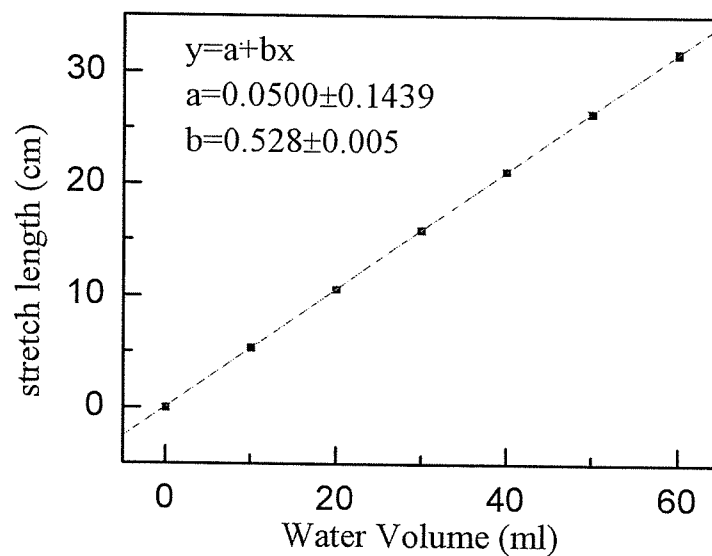


長彈簧之彈性常數為斜率之倒數 ($1/m$) = $1.60\pm0.01 \text{ (gw/cm)}$ = $1.57\pm0.01 \text{ (N/m)}$

長彈簧之彈性常數為 $1.57\pm0.01 \text{ (N/m)}$ ……………**題目 1**

短彈簧

水量(ml)	伸長量(cm)	不準量
0	4.087	0.2
10.0	46.25	0.05
20.0	51.48	0.08
30.0	56.76	0.1
40.0	62.10	0.2
50.0	67.22	0.2
60.0	72.53	0.3



短彈簧之彈性常數為斜率之倒數 $(1/m)=1.89\pm0.02$ (gw/cm) $=1.85\pm0.04$ (N/m)

短彈簧之彈性常數為 1.85 ± 0.04 (N/m)……**題目 2**

利用兩個彈簧互拉的情形下，找出彼此的質量

長彈簧之重量測量：

利用短彈簧，下加一重物，原長為 41.13 ± 0.05 公分

加了長彈簧後長度為 54.92 ± 0.05 公分

$((54.92\pm0.05)-(41.13\pm0.05))*(1.89\pm0.02)=26.0\pm0.6$ (g)……**題目 3 之 1**

短彈簧之重量測量：

利用長彈簧，下加一重物，原長為 52.3 ± 0.05 公分

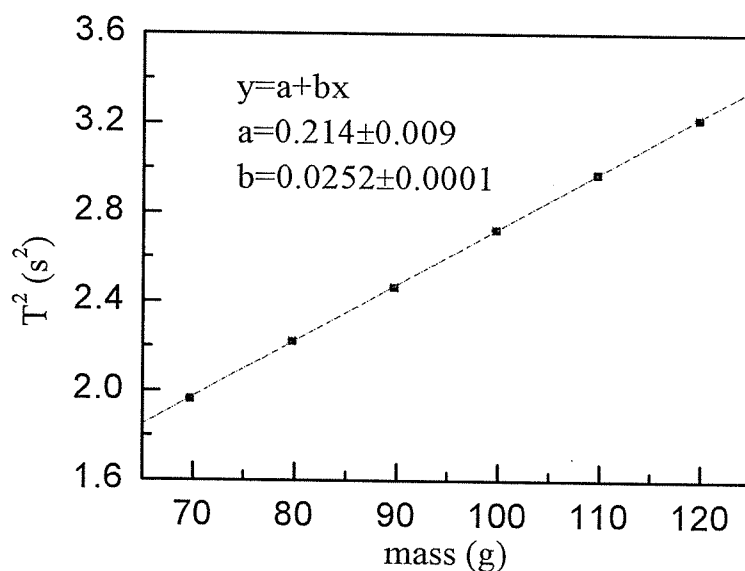
加了短彈簧後長度為 57.0 ± 0.05 公分

$$((57.0 \pm 0.05) - (52.3 \pm 0.05)) * (1.60 \pm 0.01) = 7.5 \pm 0.1 \text{ (g)} \dots\dots \boxed{\text{題目 3 之 2}}$$

第二部分：當彈簧作簡諧運動時，利用實驗求得週期公式的質量修正係數。
利用長尾夾，夾鍊袋，裝入不同質量的水，藉以改變重量，並測量震盪週期，已得下列數據。其中需要利用第一部份測得的彈力常數，測量長尾夾和夾鍊袋的質量。

方法同前，測得夾鍊袋質量為 $1.68 \pm 0.08\text{g}$ ，長尾夾質量為 $8.56 \pm 0.02\text{g}$

質量(g)	質量不準量	週期(s)	週期不準量
69.7	0.2	1.401	0.002
79.7	0.3	1.491	0.002
89.7	0.3	1.571	1E-3
99.7	0.3	1.651	0.001
109.7	0.3	1.725	0.002
119.7	0.3	1.795	0.002



利用週期平方對質量作圖，求得斜率和截距，即可進一步求得常數 A、B

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Am + Bm_s}{k}}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} * A * m + \frac{4\pi^2}{k} * B * m_s$$

由第一小題已知 k 值為 $1.57 \pm 0.01 \text{ (nt/m)}$ ，長彈簧質量 = $26.0 \pm 0.6 \text{ (gw)}$

可利用上述截距與斜率求出 A、B 值

$$A=1.00\pm0.01$$

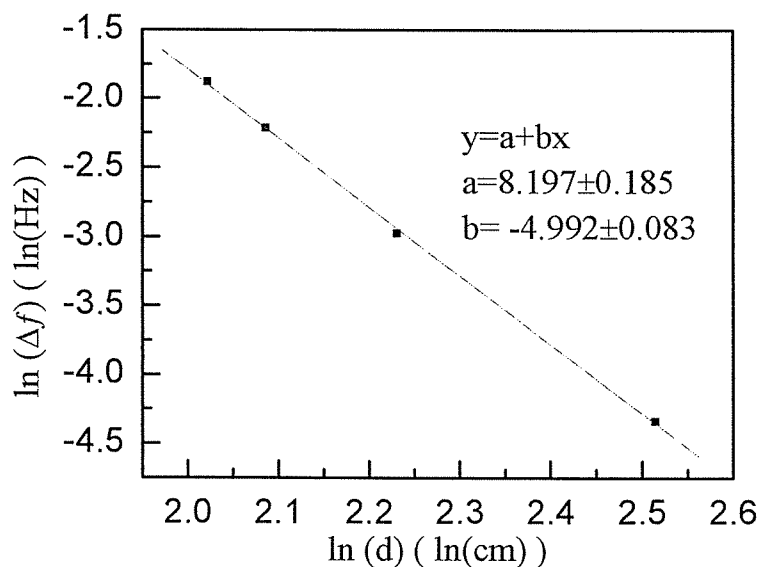
$$B=0.33\pm0.02\cdots\cdots\boxed{\text{題目 4}}$$

第三部分：當彈簧系統作簡諧運動，且此系統受磁力作用下，測量震盪頻率(f)和磁鐵間距離(d)的關係。

因為關係式假設為 $f_0 - f \propto \frac{1}{d^n}$ ，可以利用兩邊取對數求得其斜率，斜

率的負值即為 n

兩磁鐵距離 d (cm)	週期 T (s)	頻率 f (Hz)	頻率變化 Δf (Hz)	$\ln(d)$	$\ln(\Delta f)$
>>20	1.111	0.9001	0		
12.35	1.123	0.8873	0.0131	2.51366	4.33514
9.30	1.178	0.8489	0.0512	2.23001	2.97202
7.55	1.339	0.7468	0.1533	2.02155	1.87536
8.05	1.265	0.7905	0.1096	2.08567	2.21092



因此， $n=5.00\pm0.08\cdots\cdots\boxed{\text{題目 5}}$

拾、物理科決賽成績統計表

一、成績統計表.....	39
二、筆試一得分統計表.....	40
三、筆試二得分統計表.....	41

一、成績總表(筆試一、二及實驗滿分：150分；口試滿分：100分)

筆試一	筆試二	實驗	口試	總分	獎項
125	97	94	86	402	一等獎
104	93	123	82	402	一等獎
102	98	116	85	401	一等獎
72	94	140	85	391	二等獎
117	95	99	75	386	二等獎
105	101	94	83	383	二等獎
107	120	62	84	373	二等獎
126	77	94	76	373	二等獎
79	90	103	82	354	二等獎
102	80	82	82	346	二等獎
80	125	56	84	345	三等獎
84	90	85	82	341	三等獎
80	97	82	82	341	三等獎
90	94	70	82	336	三等獎
103	55	89	82	329	三等獎
83	81	78	78	320	三等獎
74	79	81	78	312	三等獎
79	95	58	77	309	三等獎
97	55	77	78	307	三等獎
80	95	56	69	300	三等獎
88	61	68	78	295	參加証
82	68	64	74	288	參加証
85	76	49	78	288	參加証
55	70	84	77	286	參加証
86	70	44	83	283	參加証
78	71	50	80	279	參加証
92	53	52	81	278	參加証
39	85	84	68	276	參加証
41	88	70	67	266	參加証
79	75	18	81	253	參加証
61	71	45	71	248	參加証
50	91	29	77	247	參加証
54	70	51	69	244	參加証
63	75	33	73	244	參加証
58	57	52	72	239	參加証
58	33	48	78	217	參加証
60	42	33	81	216	參加証
32	47	57	80	216	參加証
56	41	32	85	214	參加証
35	51	41	77	204	參加証
45	51	24	78	198	參加証
40	42	35	80	197	參加証
28	32	53	77	190	參加証
23	27	55	73	178	參加証

二、筆試一得分統計表(滿分：150分；每題25分)

第一題	第二題	第三題	第四題	第五題	第六題	合計
25	20	25	20	22	13	125
25	9	10	23	22	15	104
0	23	12	22	22	23	102
0	24	15	9	24	0	72
25	22	13	10	25	22	117
25	23	5	12	25	15	105
5	15	25	20	25	17	107
25	19	15	17	25	25	126
0	17	10	20	10	22	79
0	25	25	6	25	21	102
5	25	5	11	22	12	80
10	18	10	13	13	20	84
10	19	0	9	19	23	80
5	22	10	17	19	17	90
25	16	15	6	21	20	103
5	21	13	8	13	23	83
25	22	0	1	24	2	74
25	18	0	0	21	15	79
25	25	5	0	19	23	97
20	21	10	0	22	7	80
10	22	10	14	22	10	88
0	18	15	22	25	2	82
25	17	0	1	25	17	85
5	25	0	9	16	0	55
25	22	0	2	25	12	86
25	21	5	0	25	2	78
25	21	15	0	16	15	92
0	13	0	1	25	0	39
0	4	3	0	19	15	41
0	21	5	14	22	17	79
0	16	0	11	16	18	61
0	24	5	4	13	4	50
20	15	0	19	0	0	54
0	19	5	2	25	12	63
0	23	0	1	19	15	58
0	20	0	2	22	14	58
3	11	8	7	19	12	60
0	6	0	7	19	0	32
0	14	5	0	25	12	56
0	8	0	1	12	14	35
0	15	7	0	13	10	45
0	17	0	5	18	0	40
0	15	0	0	13	0	28
0	17	0	3	3	0	23

總得分數 423 808 306 349 855 536 3277

得分率 38.50% 73.50% 27.80% 31.70% 77.70% 48.70% 49.70%

三、筆試二得分統計表(滿分：150分；每題25分)

第一題	第二題	第三題	第四題	第五題	第六題	合計
22	10	25	25	22	21	125
21	8	22	25	23	21	120
15	15	21	0	25	25	101
5	8	23	25	16	21	98
20	7	22	0	23	25	97
12	8	21	8	23	25	97
25	7	24	0	18	21	95
10	20	14	23	22	6	95
2	6	15	25	22	25	95
25	15	15	0	19	20	94
17	8	21	0	23	25	94
12	18	19	0	23	21	93
11	10	22	0	23	25	91
4	20	15	23	11	17	90
16	10	22	0	21	21	90
20	8	13	0	22	25	88
22	2	22	0	18	21	85
20	12	22	0	15	12	81
8	7	23	0	24	18	80
0	10	22	0	22	25	79
0	8	22	0	22	25	77
5	10	18	0	18	25	76
0	13	8	25	13	16	75
12	2	22	0	14	25	75
0	7	22	0	22	20	71
3	2	15	15	11	25	71
0	10	15	0	22	23	70
0	4	23	0	24	19	70
0	2	22	0	21	25	70
12	8	21	0	15	12	68
4	4	23	0	21	9	61
4	4	24	0	0	25	57
8	2	19	0	6	20	55
0	2	20	0	8	25	55
1	2	16	0	20	14	53
0	2	6	0	18	25	51
0	18	17	0	16	0	51
0	8	8	0	9	22	47
0	8	4	0	16	14	42
1	8	7	0	14	12	42
1	2	3	0	20	15	41
0	8	4	0	17	4	33
0	4	4	0	9	15	32
0	7	3	0	3	14	27

總得分數 338 354 749 194 774 849 3258

得分率 30.70% 32.20% 68.10% 17.60% 70.40% 77.20% 49.40%

拾壹、九十六學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽問卷統計結果

一、請問你(妳)對這次競賽考場安排的滿意度為：

- ☐非常滿意：6 人 ☐滿意：23 人 ☐普通：9 人
☐不滿意：0 人 ☐非常不滿意：0 人

二、請問你(妳)對這次競賽考試流程安排的滿意度為：

- ☐非常滿意：1 人 ☐滿意：23 人 ☐普通：13 人
☐不滿意：1 人 ☐非常不滿意：0 人

三、請問你(妳)對這次競賽教授在試題講解後你對試題的理解為：

- ☐非常清楚：3 人 ☐清楚：20 人 ☐普通：14 人
☐不清楚：1 人 ☐非常不清楚：0 人

四、請問你(妳)對這次競賽專題演講內容的滿意度為：

- ☐非常滿意：15 人 ☐滿意：14 人 ☐普通：3 人
☐不滿意：1 人 ☐非常不滿意：0 人

五、請問你(妳)對這次競賽食宿安排的滿意度為：

- ☐非常滿意：6 人 ☐滿意：17 人 ☐普通：11 人
☐不滿意：3 人 ☐非常不滿意：0 人

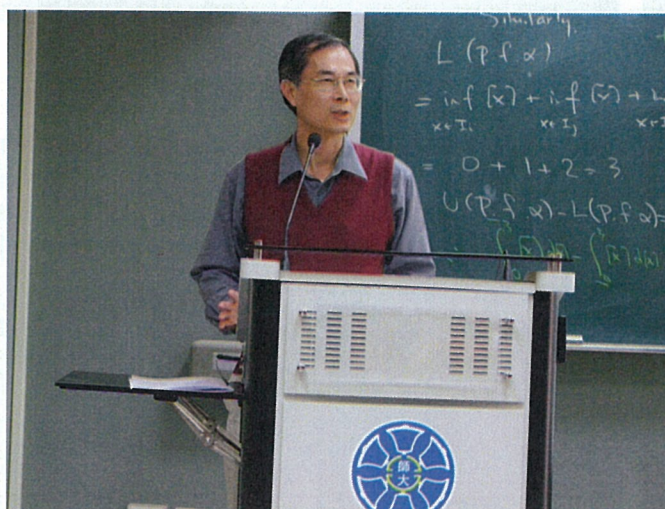
拾貳、活動照片

1. 報到



報到時，領取競賽手冊並自行抽籤決定競賽編號！

2. 開幕式



理學院院長郭忠勝教授致辭



物理系系主任賈至達教授致辭

3. 筆試一

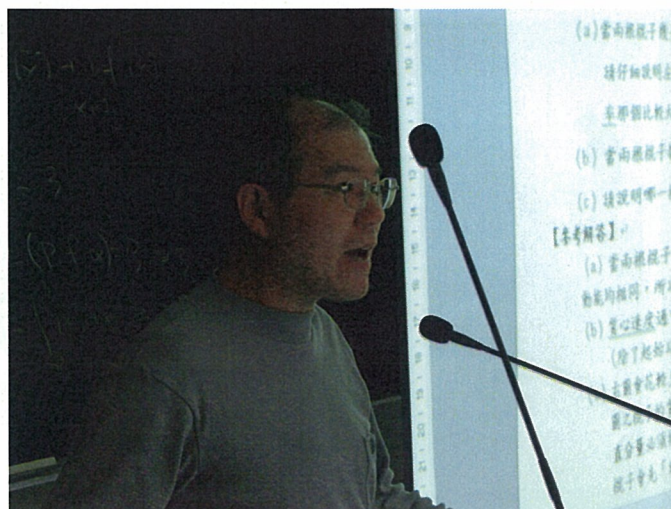




4. 筆試講解一



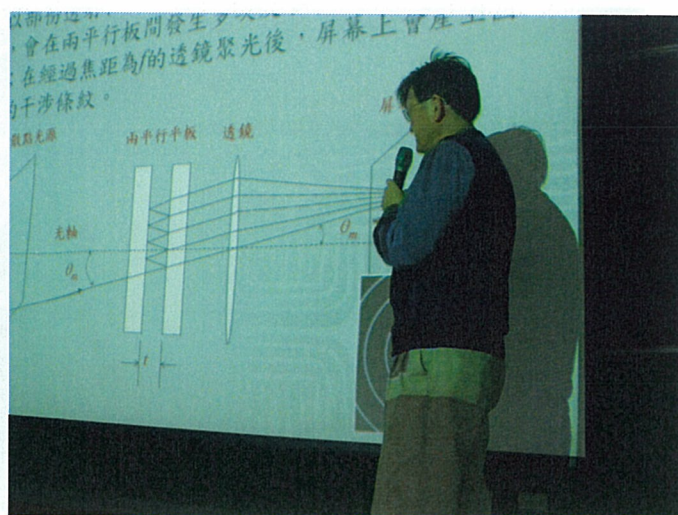
吳鳳技術學院教務長蔡尚芳教授



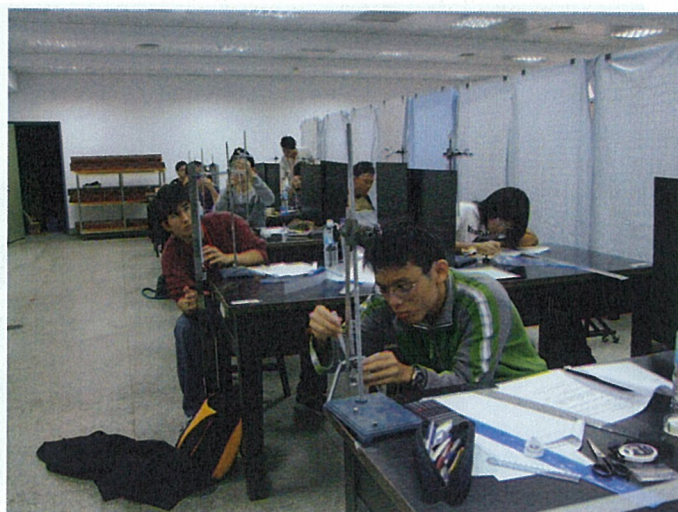
臺灣大學物理系陳義裕教授



國立臺灣師範大學陸健榮教授



5. 實驗競試



大家都好認真的操作實驗哦！

6. 筆試二



7. 實驗講解



8. 筆試講解二



臺灣師範大學物理系沈青嵩教授



臺灣大學物理系吳俊輝教授

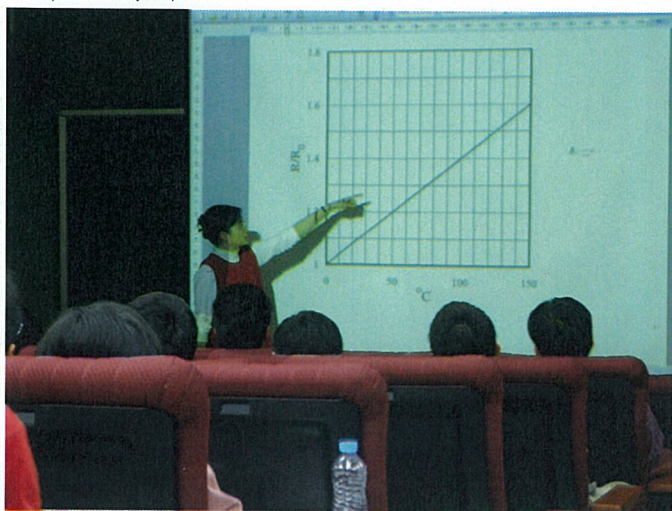


高雄師範大學物理系系主任何明宗教授



有兩位同學剛好過生日喲！生日快樂！

9. 筆試講解三



國立臺灣師範大學物理系陳穎叡教授



彰化師範大學物理系吳武雄教授



彰化師範大學物理系系主任洪連輝教授



彰化師範大學物理系陳俊霖教授



國立臺灣師範大學物理系林明瑞教授



國立臺灣師範大學物理系林文欽教授與彰師大物理系系主任洪連輝教授



終於考完了，大家來拍照哦！

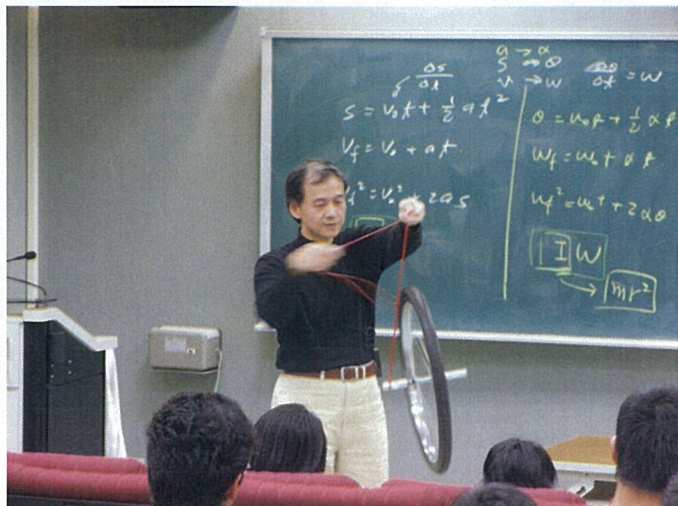


評審老師與所有參賽學生

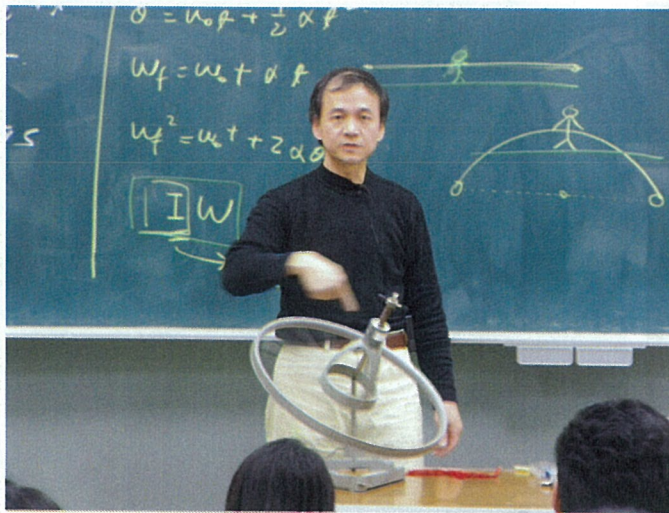
10. 專題講座



主持人：黃福坤教授



主講人：東吳大學陳秋民教授



講題：生活中轉動的物理



老師，您的道具真多呀！



大家看的目不轉睛還是眼睛也跟轉動了呢？



室內不夠大，還有戶外表演呢！

11. 閉幕式暨頒獎典禮



國立臺灣師範大學校長郭義雄教授



筆試命題召集人林明瑞教授致辭



頒獎人(賈至達教授)與獲獎人合影--三等獎



頒獎人(洪連輝教授)與獲獎人合影--二等獎



頒獎人(郭義雄教授)與獲獎人合影--一等獎



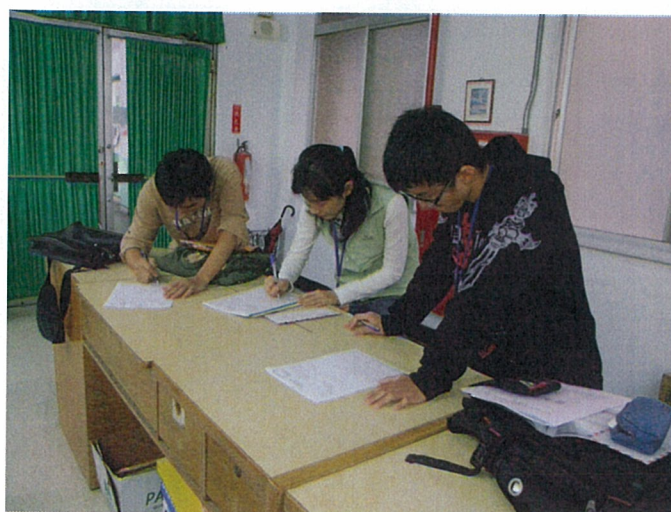
頒獎人(林明瑞教授)與獲獎人合影—參加証



頒獎人(沈青嵩教授)與獲獎人合影—參加証



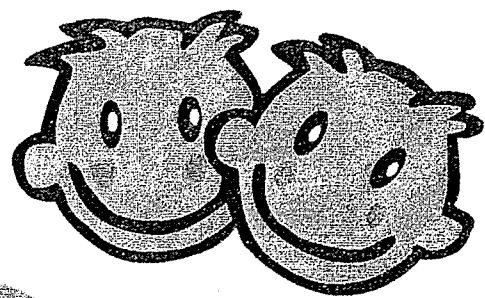
填寫獎學金領據



辛苦的三位輔導員，謝謝你們啦！

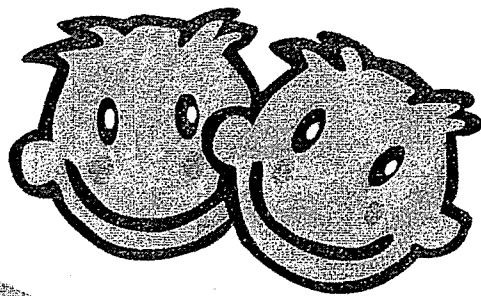


這三天來。。。。心裡想說。。。。



雖然我不是頂尖的物理高手，
不過很高興能夠有機會來這裡
見識高手、開闊視野，從筆試、實驗、
口試中，也發覺自己能力，而且多一分特別的
經驗，經過試題講解後，使自己的觀念更清
晰，學習到很多的東西，教授講解得都很仔細。
還有特別的經驗聽名師的演講，希望以後能夠有
機會再聽教授們上課指教，也感謝各位教授及輔
導員這三天的辛苦及照料，讓我有個美好的回憶！！

這三天來。。。。心裡想說。。。。

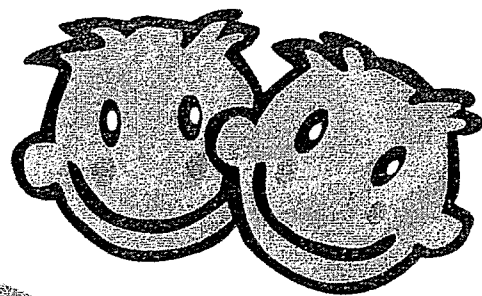


物理全國賽真是好玩，
不像化學的悶透了。
很高興能認識風趣的各位，
希望能再會面，數個月後。

何應佐

2007.12.22

這三天來。。。。心裡想說。。。。



很感謝妳們的照顧，吃、住都很好，
(妳)

可以感受到你們真的非常用心，(還有 butte-
跟生日蛋糕 ^^ 好妙...)

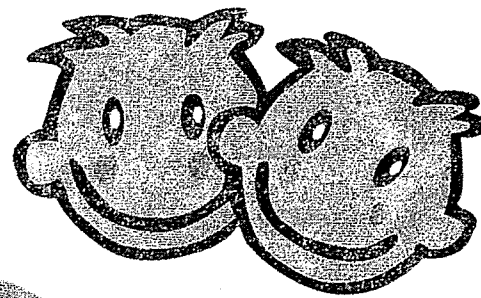
可能我程度沒有很頂尖，變成來這兒吃喝
玩樂了==

總而言之，感謝再感謝你們這三天的照顧 (一一)。

~ > < ~

怡顏
Lisa

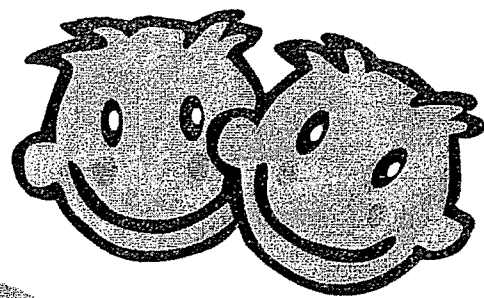
這三天來。。。。心裡想說。。。。



考題好難，但是叫教授
在說，好像總是都可以拿
到25分，忽然覺得厲害的人
實在是好多

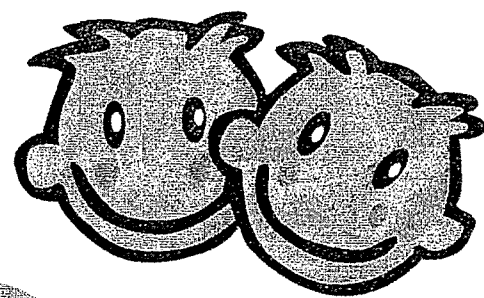
還有，影片中的烏龜好
芭樂

這三天來。。。。心裡想說。。。。



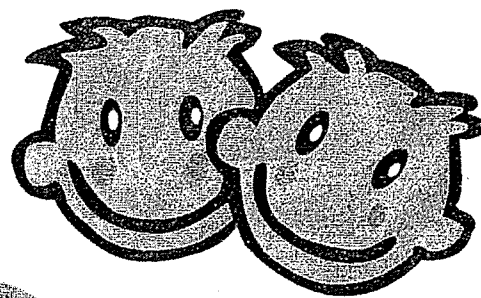
活動很知性，經費也非常
具有挑戰性，可以檢視自己學習的缺失
能和眾多高手同場較勁是非常難得的經
驗，希望有機會能再參與此類活動

這三天來。。。。心裡想說。。。。



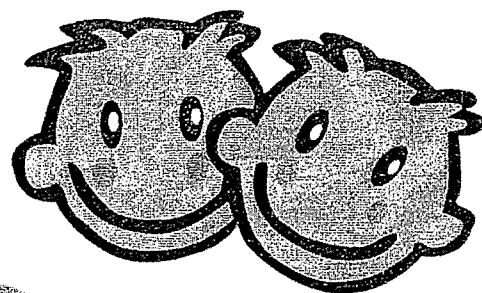
教授觀念新穎
與時俱進令我
大開眼界

這三天來。 。 。 。 你裡想說。 。 。 。



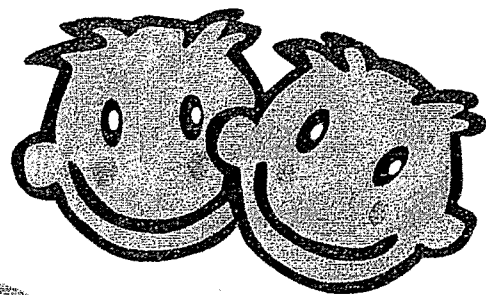
賈教授人真的很好，感謝賈教授能為我慶生。真的
另我非常感動，我決不會忘
記我十八歲生日的！

這三天來。 。 。 。 你裡想說。 。 。 。



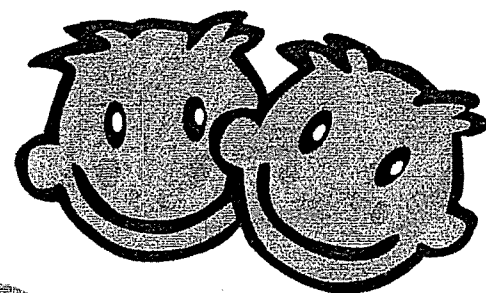
第一次參加這種活動
是一個充滿難望和經驗

這三天來。 。 。 。 咁裡想說。 。 。 。



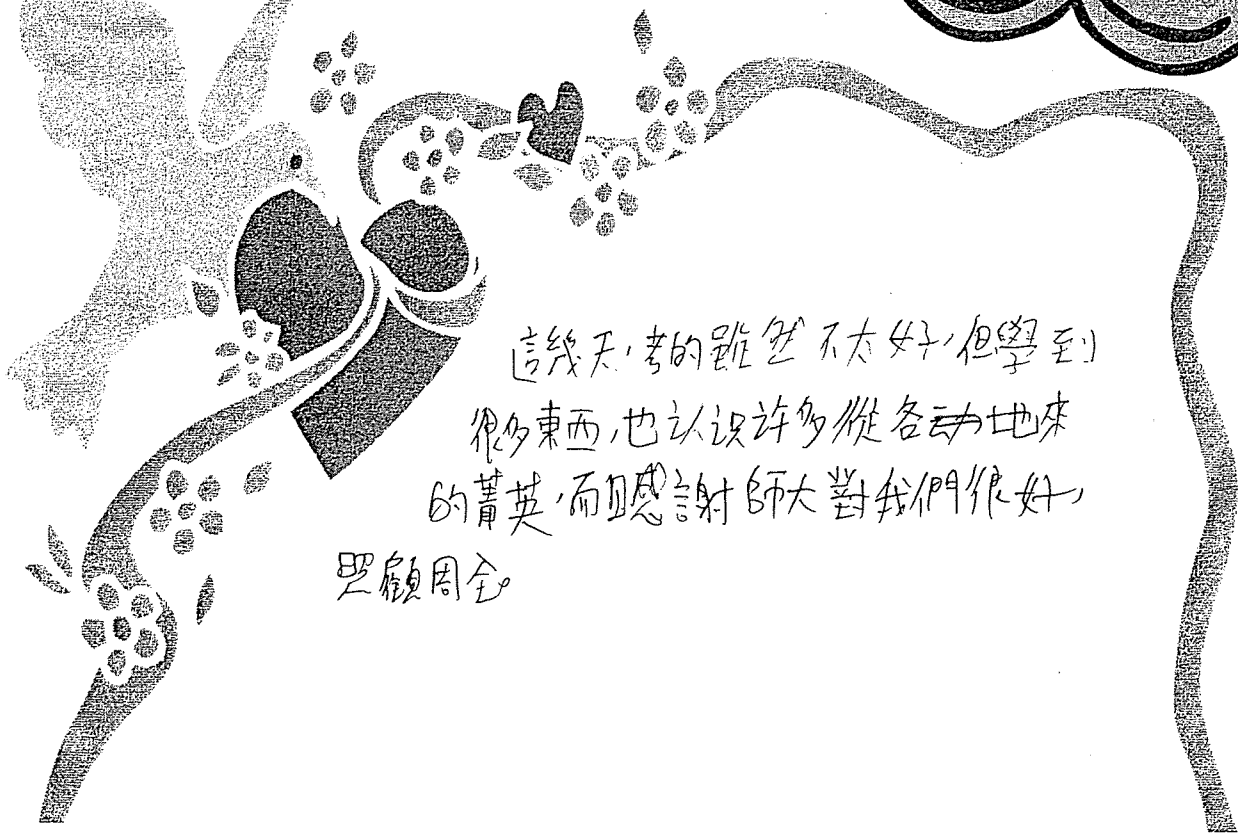
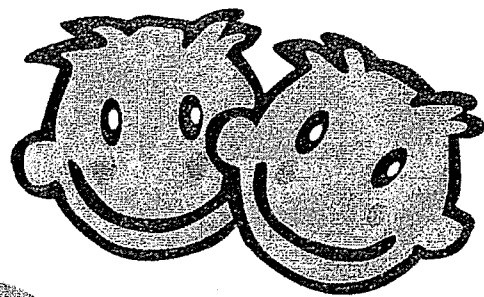
這三天學到很多,也認識
許多人,非常充實!感謝所有
參與和促成的人

這三天來。 。 。 。 咁裡想說。 。 。 。



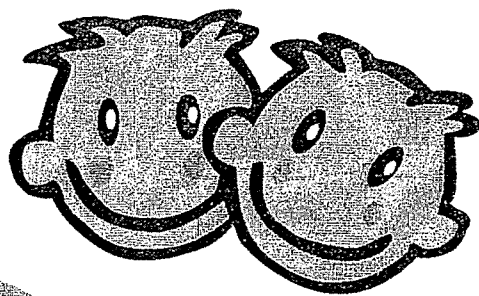
來這裡見識到全台一大堆廚都很強,
也學到很多作題、實驗要注意的事。

這三天來。 。 。 。 什麼想說。 。 。 。



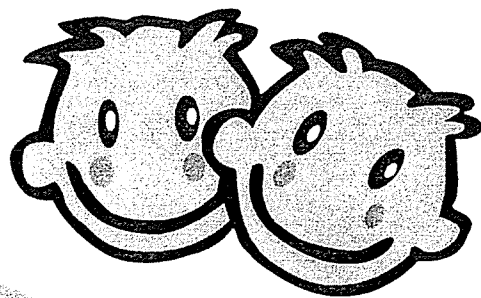
這幾天考的雖然不太好，但學到
很多東西，也認識許多從各地來
的菁英，而感謝師大對我們很好，
照顧周全。

這三天來。 。 。 。 什麼想說。 。 。 。



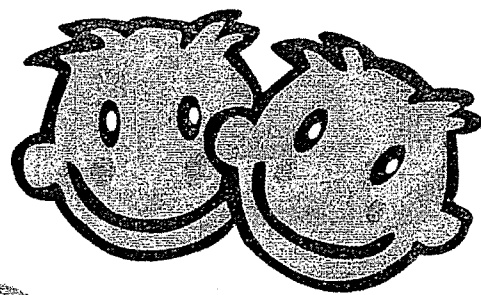
實馬好累，好多

這三天來。。。。心裡想說。。。。



來這裡遇到一堆自年難
得一見的物理奇才，真是拓
展了我的視野，讓我不會窩在中
區那個小地方沾沾自喜。

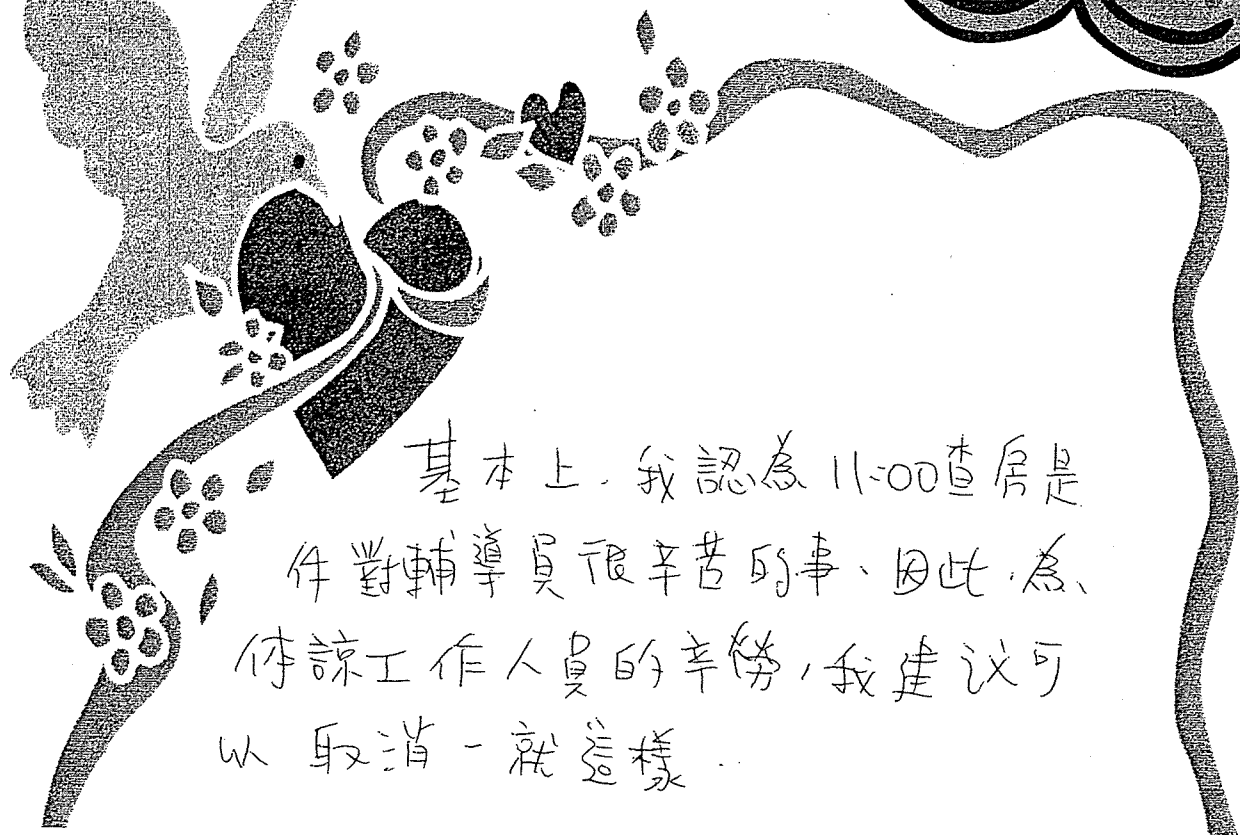
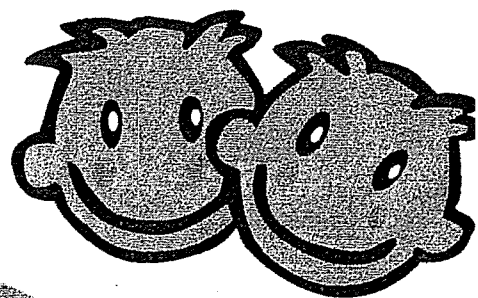
這三天來。。。。心裡想說。。。。



第一次來，來當炮灰，
其他人不怕沒人教，
隊輔人不錯。

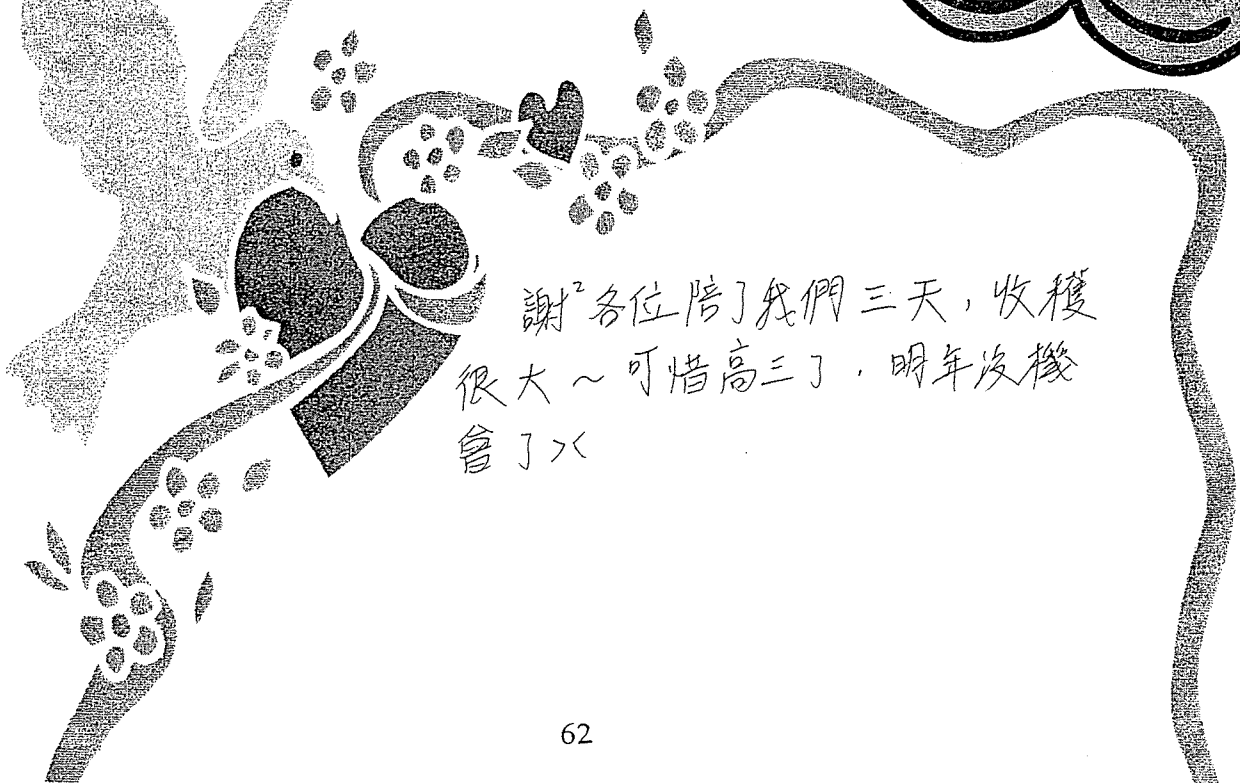
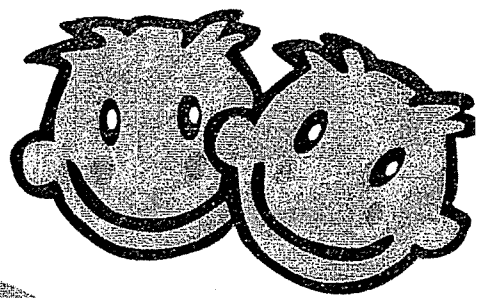
我字很醜，不知道要寫啥，
其實還蠻好玩的(不要考試的話)

這三天來。。。。心裡想說。。。。



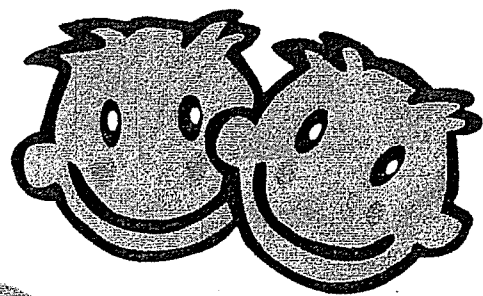
基本上，我認為11:00查房是
件對輔導員很辛苦的事，因此，為
体谅工作人員的辛勞，我建議可
以取消——就這樣。

這三天來。。。。心裡想說。。。。



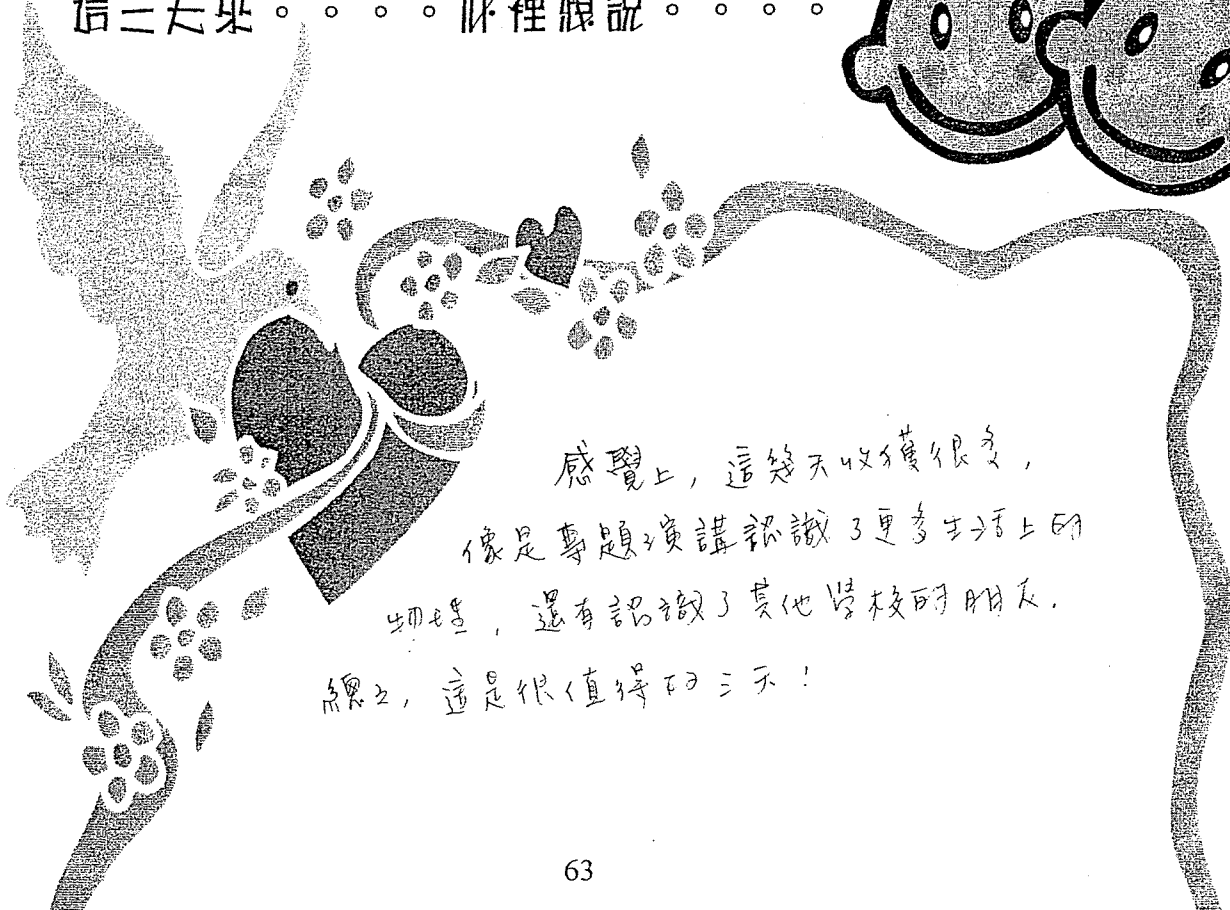
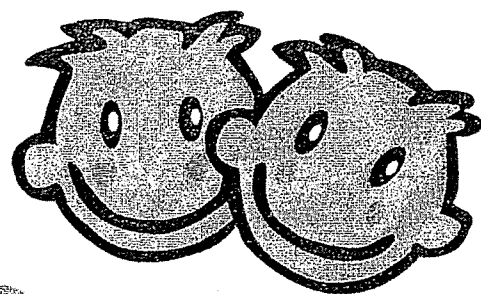
謝²各位陪了我們三天，收穫
很大～可惜高三了，明年沒機
會了><

這三天來。。。。你想說。。。。



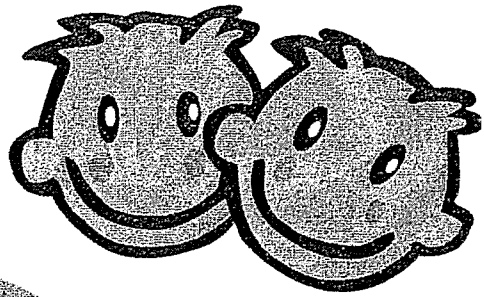
來這裡學到不少經驗，雖然也是以不少分數換來的。也認識一些高手。真是個難得的經驗。

這三天來。。。。你想說。。。。



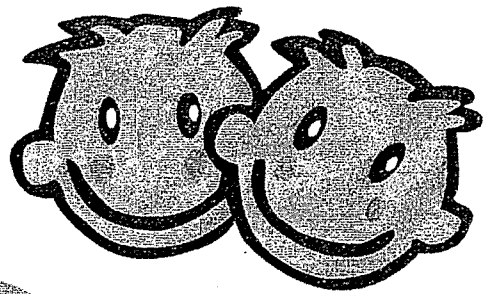
感覺上，這幾天收穫很多，像是專題演講認識了更多生活上的知識，還有認識了其他學校的朋友。總之，這是很值得的三天！

這三天來。。。。你裡想說。。。。



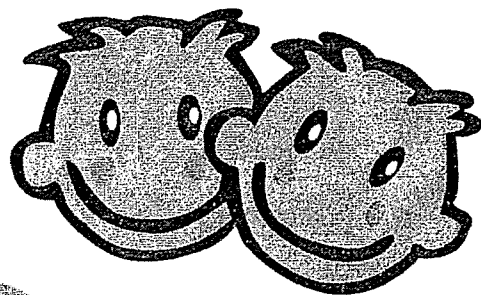
這次比賽是很特別的經驗，認識
各地很厲害的高手，也有機會聽老師講
課，雖然是來比賽的，但是大家到最後都
彼此認識了，感覺是來交朋友的冬令營(笑)
大家都辛苦了，謝謝辛苦的老師及助教、輔導員，
聖誕快樂！

這三天來。。。。你裡想說。。。。



很感謝大家為我們準備那
麼多，讓我們只要擔心考試就
好。Thank you.

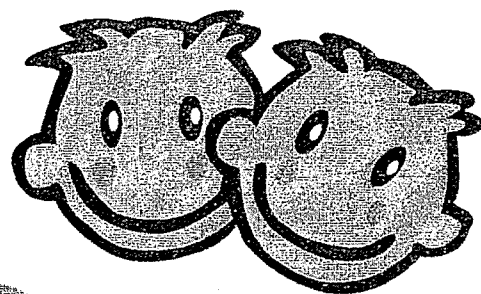
這三天來。。。。心裡想說。。。。



感謝出題教授認真的出題，
經由這次的活動，深深補足我不
足的地方。

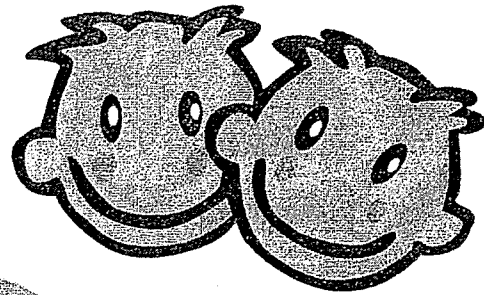
活動的行程緊湊而充實，感
受得到主辦單位的用心，很幸運
參與這次活動。

這三天來。。。。心裡想說。。。。



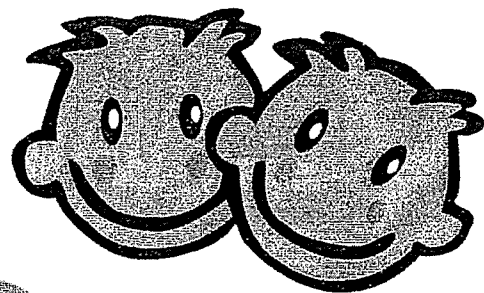
別人什麼都強，我什麼都弱

這三天來。 。 。 。 你裡想說。 。 。 。



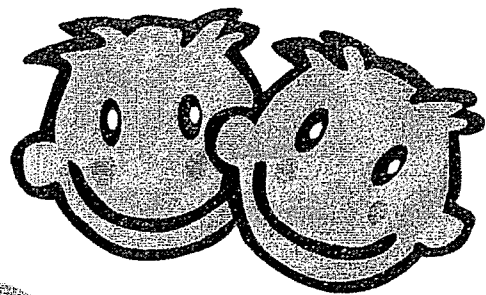
這三天,來到師大,除了每天的考試外,不論是試題講解或是演講,也都讓我學到了很多東西;而每天的空檔讓大家可以散步看風景、聊天,也讓比賽的過程不那麼單調!

這三天來。 。 。 。 你裡想說。 。 。 。



不管是視界上的開闊,或者是知識上的豐富,甚至許多物理上的應用,都讓我獲益良多。也感謝輔導員的幫助。

這三天來。。。。心裡想說。。。。



頭很痛

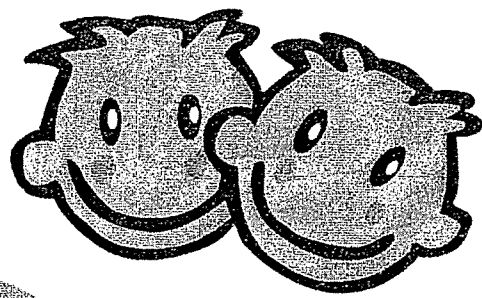
舉目無親

高三參賽是一大 dilemma.

系主任人很好, 輔導員 also.

感謝主辦單位.

這三天來。。。。心裡想說。。。。



大家都是太強者.

我實在太弱了!

拾參、總結

九十六學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽，由教育部主辦，國立臺灣師範大學物理系承辦，實際報名及參賽人數為四十四名，已於九十六年十二月廿日至廿二日舉行，並圓滿結束。

本次決賽競賽時間為三天，筆試二次，分筆試一：質點、剛體、光學，筆試二：流體、波動、熱學及電學。實驗競賽則為一次，同時動用本系二間實驗室，實驗競賽每人一組使用獨立的實驗器材，並以海報架區隔實驗桌。最後所有參賽學生再分為四組進行口試，每位學生輪流與三位教授面談，每位教授面談 10 分鐘。

本系為辦好此次決賽，動員系內全體助教與職工協助，從引導路標、開閉幕會場佈置、報到、試務、住宿、伙食安排與照顧等。晚間住宿安排入住師大會館，除請物理系粘教官特別照顧外，並安排三位輔導員陪同住宿，以便全程照顧。因本校宿舍餐廳恰逢排煙設備歲修，故今年伙食改以餐盒供餐；另外每天晚上九點亦供應西式點心與飲料。另於競賽期間，適逢兩名參賽學員過生日，特別安排在十二月二十一日晚餐時間舉行一場小型的慶生餐會，讓同學們輕鬆一下，享受一下最愛吃 Pizza 和炸雞啦！當然，還是不能免俗的，要有生日蛋糕啦！

試題的妥適與否關係到鑑別程度的高低，因此命題工作早在九十六年十月即已展開，評審委員除國立臺灣師範大學物理系六位教授外，另包含臺大、吳鳳技術學院、彰化師大及高雄師大的教授，共同研商並分學門命題，命題初稿完成後，全體評審委員再開會共同討論，逐題逐字斟酌，共同修訂、選題及組合成卷，全體評審委員的態度是嚴謹的，二份筆試及一份實驗題組的內容及參考解答請參見本報告第玖項。

參賽學生於報到時即獲新編號，此一編號以隨機方式取得，此編號即為競賽編號，此競賽編號與競賽手冊上之報名編號完全不同，同時規定參賽學生不得穿著制服，因此評審委員並不知學生的姓名及就讀學校，以維持評審的客觀性與公平性。競賽過程也著重其教育功能，筆試與實驗考試完成後的當晚，特別安排命題教授講解並回答學生提出之問題。

十二月廿二日上午十一時三十分召開評審會議，十四位評審委員全部出席，根據二次筆試成績、一次實驗競賽成績及口試平均成績(總分滿分為 550 分)，經評審委員熱烈討論，決定出一等獎三名、二等獎七名、三等獎十名的獲獎名單。恭禧臺北市立建國高級中學彭陸、朱柏聿及雲林縣私立永年高級中學林裕盛三位同學榮獲一等獎。

本次全國物理能力競賽決賽由國立臺灣師範大學承辦，能順利圓滿完成，首先要感謝教育部的經費支持，全體指導委員的指導，全體評審委員和臺灣師大物理系教職員工多日的辛勞與貢獻，也要感謝臺灣師大在行政方面的支援與配合。