

九十七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：中華民國九十七年十二月十八日至廿日

撰稿日期：中華民國九十八年元月三十日

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.....	28
三、實驗試題.....	40
拾、決賽成績統計表.....	47
拾壹、獲獎名單.....	51
拾貳、問卷統計.....	52
拾參、活動照片.....	53
拾肆、參賽心得.....	63
拾伍、總結.....	91

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、臺北市及高雄市政府教育局分別辦理，除臺北市及高雄市兩區外，臺灣省分成八區，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臺北市之複賽。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。臺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。

97 學年度高級中學物理科能力競賽之決賽由國立臺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 45 人，決賽於九十七年十二月十八日至十二月廿日舉行，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、獲獎名單、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、九十七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 0970170397 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 35 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 97 年 12 月 18 日〈星期四〉至 12 月 20 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公館校區物理系

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：共一場，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(見第十二款評審委員名單)。

(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。

九十七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
周燦德	教育部常務次長
郭義雄	國立臺灣師範大學校長
蘇德祥	教育部中教司司長
胡志偉	國科會科教處處長
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	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
吳俊輝	臺灣大學物理系教授
朱仲夏	交通大學電子物理系教授
洪連輝	彰化師範大學物理系教授兼系主任
吳仲卿	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	高雄師範大學物理系教授兼系主任
林明瑞	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	臺灣師範大學物理系教授
劉祥麟	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
謝鈞萍	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助教
張淑真	國立臺灣師範大學物理系助教
劉佩琪	國立臺灣師範大學物理系助教
黃琬資	國立臺灣師範大學物理系助教
蕭好真	國立臺灣師範大學物理系助教
徐國明	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18日	12月19日	12月20日		
		12月18日		12月19日	12月20日			
		〈星期四〉		〈星期五〉	〈星期六〉			
上午	07:20~07:50				早 餐	早 餐		
	08:00~09:00				實驗競試 D101 D113	口試 (分組和場地 見次頁)		
	09:00~10:00							
	10:00~11:00	試題 審查 F104	報到 系辦					
	11:00~12:00				物理活動 F105	專題演講 <small>世紀偉人蔣經國</small> S102	評審 會議 F104	
	12:00~13:00	午 餐		午 餐				
下午	13:00~14:00	開幕式 (教學研究大樓 S102)		筆試二 S701	午 餐			
	14:00~15:00	物理簡介 (教學研究大樓 S102)			閉 幕 式 頒 獎 (教學研究大樓 S102)			
	15:00~16:00	筆試一 S701		實驗講解 S701	賦 歸			
	16:00~17:00							
晚上	18:00~19:00	晚 餐		晚 餐				
	19:00~21:00	筆試一講解 (教學研究大樓 S101)		筆試二講解 (教學研究大樓 S101)				
	21:00~	休 息		休 息				

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	<i>phy9704</i> 、 <i>phy9710</i> <i>phy9713</i> 、 <i>phy9725</i> <i>phy9726</i> 、 <i>phy9727</i> <i>phy9729</i> 、 <i>phy9730</i> <i>phy9737</i> 、 <i>phy9742</i>	F104	F105 實驗室
	洪連輝	F107			
	何明宗	F103			
第二組	林明瑞	普物一	<i>phy9703</i> 、 <i>phy9706</i> <i>phy9708</i> 、 <i>phy9717</i> <i>phy9722</i> 、 <i>phy9723</i> <i>phy9724</i> 、 <i>phy9732</i> <i>phy9735</i> 、 <i>phy9738</i>	電子 實驗室	F105 實驗室
	吳俊輝	普物一			
	吳仲卿	普物一			
第三組	賈至達	普物二	<i>phy9705</i> 、 <i>phy9709</i> <i>phy9711</i> 、 <i>phy9712</i> <i>phy9714</i> 、 <i>phy9716</i> <i>phy9718</i> 、 <i>phy9719</i> <i>phy9734</i> 、 <i>phy9740</i> <i>phy9741</i> 、 <i>phy9745</i>	電子 實驗室	F105 實驗室
	朱仲夏	普物二			
	陳俊霖	普物二			
第四組	傅祖怡	電磁	<i>phy9701</i> 、 <i>phy9702</i> <i>phy9707</i> 、 <i>phy9715</i> <i>phy9720</i> 、 <i>phy9721</i> <i>phy9728</i> 、 <i>phy9731</i> <i>phy9733</i> 、 <i>phy9736</i> <i>phy9739</i> 、 <i>phy9743</i> <i>phy9744</i>	電子 實驗室	F105 實驗室
	劉祥麟	電磁			
	林文欽	電磁			

口試時間為 12/20(六)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、國民身分證或健保卡,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
970101	蔡景州	男	師大附中	王存雄	801
970102	謝豐澤	男	師大附中	王存雄	801
970103	伍庭曄	男	師大附中	陳忠城	801
970104	黃冠皓	男	成功高中	李銘哲	放棄
970105	易德	男	成功高中	羅啟晃	802
970106	林浩存	男	建國高中	朱正明	802
970107	許倫愷	男	建國高中	李重賢	803
970108	陳昱安	男	建國高中	高君陶	803
970109	陳世勳	男	建國高中	劉怡君	803
970110	黃韻心	女	北一女中	黃克雄	502
970201	李政緯	男	宜蘭高中	吳旭峯	804
970202	趙洵	男	花蓮高中	范培華	804
970203	劉子齊	男	慈濟附中	陳雅瑜	放棄
970204	黃威銘	男	格致高中	邱哲男	805
970205	李承諭	男	南山高中	張永隆	805
970206	許弘璟	男	金門高中	呂世璋	805
970207	黃聖文	男	新店高中	林珍貞	806
970208	吳至翔	男	新莊高中	張永昌	806
970209	呂學諳	男	武陵高中	高清華	807
970210	邱上倫	男	武陵高中	萬昌鑫	807
970211	薛世卿	男	實驗中學	陳元彰	807
970212	王翔生	男	新竹高中	何英敏	808
970213	陳奕	男	新竹高中	何英敏	808
970214	盧泓志	男	新竹高中	何英敏	808
970215	林格至	男	臺中一中	吳錫玠	809
970216	陳曉邑	男	臺中一中	徐健倫	809

報名序號	姓名	性別	學校	指導老師	房號
970217	蔡曜宏	男	臺中一中	林宗徽	809
970218	張京衡	男	臺中二中	李京華	806
970219	許書寧	女	立人高中	盧新宇	502
970220	陳承寬	男	華盛頓高中	王威程	810
970221	林育惠	女	嘉義女中	莊立山	503
970222	趙芳譽	女	嘉義女中	莊立山	503
970223	黃堅泰	男	嘉義高中	李文堂	810
970224	盧照文	男	嘉義高中	潘文成	810
970225	莊雅淳	女	彰化女中	李政憲	503
970226	黃鈺荃	男	彰化高中	賴維銘	放棄
970227	何念青	女	臺南女中	周青彬	504
970228	陳奕如	女	臺南女中	鄭素敏	504
970229	林耕雍	男	臺南一中	羅焜哲	811
970230	許乃倫	男	臺南一中	何俊昌	811
970231	詹雨謙	男	臺南一中	羅焜哲	811
970232	郭乃文	女	港明高中	黃信華	放棄
970233	楊凱鈞	男	興國高中	吳家偉	放棄
970234	林劭恩	男	鳳山高中	黃琬尹	812
970235	林建呈	男	鳳山高中	黃琬尹	812
970236	吳琮偉	男	鳳新高中	林新民	放棄
970301	劉子綸	女	高雄女中	廖寶瑾	502
970302	李思宇	男	高雄中學	陳昌宏	506
970303	李冠毅	男	高雄中學	曾柏文	506
970304	張迪凱	男	高雄中學	曾柏文	506
970305	廖陽洲	男	瑞祥高中	徐峰奇	812

501：輔導員-陳曉琪；813：輔導員-徐創涵、陳建宇

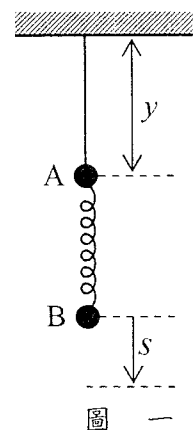
玖、決賽試題參考解答

一、筆試一 12~27

二、筆試二 28~39

三、實驗試題 40~46

一、天花板下以一輕質細繩繫住質點 A，其下方再以一輕質彈簧繫住質點 B，如圖一。兩質點的質量皆為 m ，彈簧的自然長度為 L ，彈力常數為 k ，初始時系統處於靜止平衡。今以外力將下方質點自平衡位置垂直下拉 s ，然後自靜止釋放。設空氣阻力不計，重力加速度為 g 。



- (a) 若要讓質點 A 始終保持靜止，則 s 可容許的最大值為多少？(5%)
 (b) 今施以更大的外力，使得 s 超過(a)中的最大值，以致質點 A 向上升起，並碰觸到天花板。已知當 A 碰觸到天花板時，A 及 B 的共同質心為靜止，而且此時彈簧的伸長量也恰好達到極大值。試求細繩長度 y 。(20%)

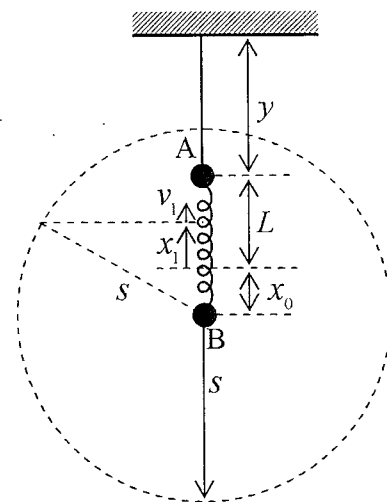
參考解答

(a) 初始時的彈簧伸長量為 $x_0 = \frac{mg}{k}$

若要使 A 靜止，則彈簧的最大壓縮量為 $x_1 = \frac{mg}{k}$

故 s 的最大值即為最大壓縮發生時 B 至平衡點的距離

$$x_0 + x_1 = \frac{2mg}{k}$$



(b) 若 s 大於上述值，則當壓縮量達到 x_1 時，細繩的張力即為零，

此時 A 準備開始上升，上升前瞬間 B 的向上速率為

$$v_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{x_0 + x_1}{s}\right)^2} v_{\max}$$

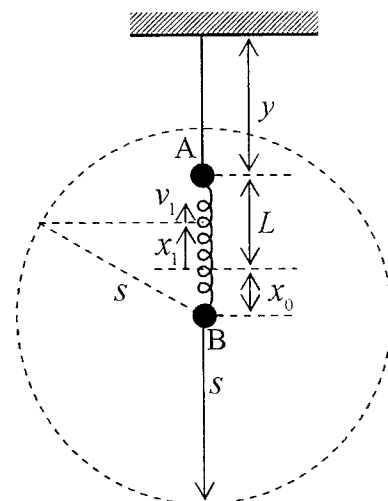
其中 v_{\max} 為 A 上升前 B 的簡諧振盪之最大速率，

$$\text{即 } \frac{1}{2}ks^2 = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max} = s\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{故此時 AB 的共同質心速率為 } v_{c1} = \frac{1}{2}v_1 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{k}{m}\left(s^2 - \frac{4m^2g^2}{k^2}\right)}$$

此後質心進行鉛直上拋落體運動，因此至天花板之距離隨時間的變

$$\text{化為 } d(t) = y + \frac{L - x_1}{2} - v_{c1}t + \frac{1}{2}gt^2 = y + \frac{L - x_1}{2} + \frac{1}{2}g\left(t - \frac{v_{c1}}{g}\right)^2 - \frac{v_{c1}^2}{2g}$$



故質心靜止時即為 $d(t)$ 為最小時，即 $d_{\min} = d\left(\frac{v_{cl}}{g}\right) = y + \frac{L - x_1}{2} - \frac{v_{cl}^2}{2g}$

另一方面，AB 系統在 A 開始上升後進行新的簡諧振盪，總力學能為

$$E = \frac{1}{2} kx_1^2 + \frac{1}{2} \frac{mm}{m+m} v_1^2 = \frac{1}{2} kA^2$$

故振幅為 $A = \sqrt{\frac{2E}{k}} = \sqrt{\frac{s^2}{2} - \frac{m^2 g^2}{k^2}}$

當 A 點碰觸天花板時，彈簧伸長量達極大值，即為振幅，此時 A 點到質心的距離為 $\frac{L+A}{2}$ ，該

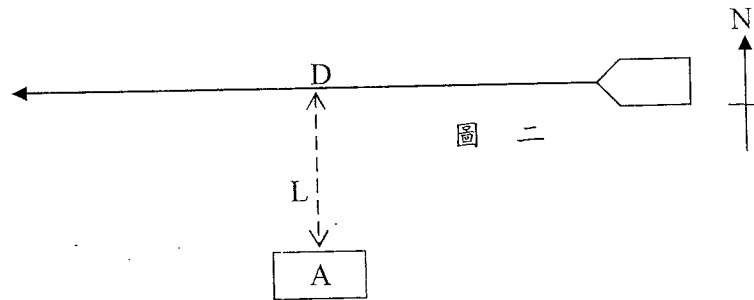
距離必須等於 d_{\min} ，故

$$\frac{L+A}{2} = y + \frac{L-x_1}{2} - \frac{v_{cl}^2}{2g} \Rightarrow y = \frac{ks^2}{8mg} + \sqrt{\frac{s^2}{8} - \frac{m^2 g^2}{4k^2}}$$

二、一艘郵輪沿東西方向的航道以速率 V 航行(如圖二)，航道經過 A 港口的北方海域，航道上 D 點為最接近 A 港口的位置， DA 距離為 L 。按既定的行程，郵輪將在星期一中午12點經過 D 處。今有某甲先生想登上此郵輪，欲租用小船自 A 港口出發前往攔截該郵輪，已知小船的速率 v 小於郵輪的速率 V 。

(a) 為能達成目的，甲先生自 A 港口出發的時間，最晚不能超過 $12-T$ 。試求 T 以及小船應該航行的方向 θ ， θ 為小船行進方向與朝東方向之間的夾角。(10分)

(b) 若海水自南朝北以流速 u 流動，郵輪的航道與航速 V 皆不變，小船相對海水的速率仍為 v ，試求 T 以及小船應該行進的方向 θ 。(15分)



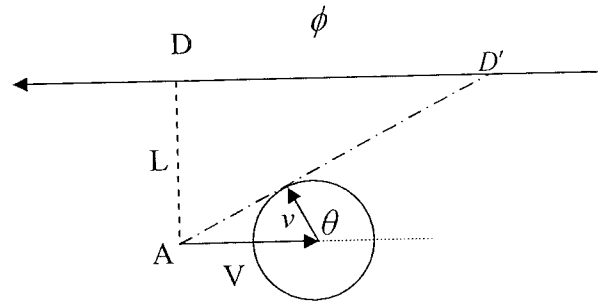
參考解答

法一：

(a) 以郵輪為坐標中心，小船的速度為 $-\vec{V}$ 與 \vec{v} 的相加，

各種情況的相加結果皆顯示在圖中的圓圈上。最晚出發的情形就是圖中始於 A 而同時切於圓圈的直線上，因此得知

$$\sin \phi = \frac{v}{V} \Rightarrow \theta = \phi + \frac{\pi}{2} \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \frac{v}{V}$$



小船出發時郵輪的位置在 D' ，故此時的時間為中午前 $T = \frac{DD'}{V}$

$$T = \frac{L}{\tan \phi V} = \frac{L \cos \phi}{V \sin \phi} = \frac{L \sqrt{V^2 - v^2}}{Vv}$$

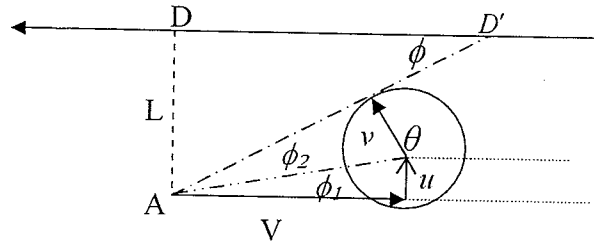
(b)根據(a)的觀念，最晚出發的情形就是圖中始於A而同時切於圓圈的直線上，因此

$$\theta = \phi + \frac{\pi}{2} = \phi_1 + \phi_2 + \frac{\pi}{2}$$

同時，按圖中得到

$$\tan \phi_1 = \frac{u}{V}; \quad \sin \phi_2 = \frac{v}{\sqrt{u^2 + V^2}}$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \frac{u}{V} + \sin^{-1} \frac{v}{\sqrt{u^2 + V^2}}$$



小船出發時郵輪的位置在 D' ，故此時的時間為中午前 $T = \frac{DD'}{V}$

$$T = \frac{L \cot \phi}{V}$$

$$\cos \phi = \cos(\phi_1 + \phi_2) = \cos \phi_1 \cos \phi_2 - \sin \phi_1 \sin \phi_2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{V}{\sqrt{V^2 + u^2}} \frac{\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{\sqrt{V^2 + u^2}} - \frac{u}{\sqrt{V^2 + u^2}} \frac{v}{\sqrt{V^2 + u^2}} \\ &= \frac{1}{V^2 + u^2} (V\sqrt{V^2 + u^2 - v^2} - uv) \end{aligned}$$

$$\sin \phi = \sin(\phi_1 + \phi_2) = \sin \phi_1 \cos \phi_2 + \sin \phi_2 \cos \phi_1$$

$$\begin{aligned} &= \frac{u}{\sqrt{V^2 + u^2}} \frac{\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{\sqrt{V^2 + u^2}} + \frac{V}{\sqrt{V^2 + u^2}} \frac{v}{\sqrt{V^2 + u^2}} \\ &= \frac{1}{V^2 + u^2} (u\sqrt{V^2 + u^2 - v^2} + Vv) \end{aligned}$$

$$T = \frac{L V \sqrt{V^2 + u^2 - v^2} - uv}{V u \sqrt{V^2 + u^2 - v^2} + Vv}$$

法二

(a) time from A to meeting point M : $t = \frac{\sqrt{x^2 + L^2}}{v}$

time for the steamer from the starting point S to D :

$$t' = \frac{Vt - x}{V} = \frac{V \frac{\sqrt{x^2 + L^2}}{v} - x}{V}$$

Minimize t' : $\Rightarrow \frac{V}{v} \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} = 1$

$$\Rightarrow \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} = \frac{v}{V}$$

$$\Rightarrow x^2 = \left(\frac{v}{V}\right)^2 (x^2 + L^2)$$

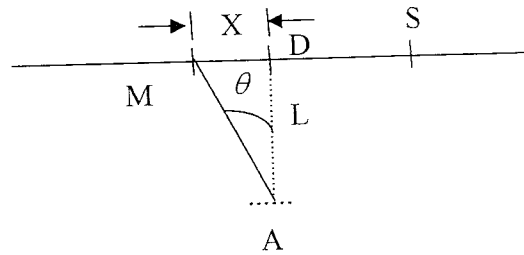
$$\Rightarrow x = \frac{\frac{vL}{V}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}} = \frac{vL}{\sqrt{V^2 - v^2}}$$

$$\therefore T = t' = \frac{1}{v} \sqrt{x^2 + L^2} - \frac{x}{V} = \frac{x}{v} \left(\frac{\sqrt{x^2 + L^2}}{x} - \frac{v}{V} \right)$$

$$\therefore T = \frac{vL}{\sqrt{V^2 - v^2}} \frac{1}{v} \left(\frac{V}{v} - \frac{v}{V} \right) = \frac{L}{\sqrt{V^2 - v^2}} \left(\frac{V^2 - v^2}{Vv} \right)$$

$$\therefore T = \frac{L}{Vv} \sqrt{V^2 - v^2}$$

direction $\theta = \frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} \right) = \frac{\pi}{2} + \sin^{-1} \left(\frac{v}{V} \right)$



$$(b) \frac{x}{L} = \frac{v \sin \phi}{v \cos \phi + u}$$

$$\therefore \sqrt{x^2 + L^2} = L \sqrt{1 + \left(\frac{x}{L}\right)^2} = \frac{L \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \phi}}{u + v \cos \phi}$$

$$t \text{ (from A to M)} = \frac{\sqrt{x^2 + L^2}}{\sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \phi}} = \frac{L}{u + v \cos \phi}$$

$$\therefore \overline{SM} = \frac{VL}{u + v \cos \phi}$$

$$\overline{SD} = \frac{VL}{u + v \cos \phi} - x = \frac{VL}{u + v \cos \phi} - \frac{vL \sin \phi}{u + v \cos \phi}$$

$$\therefore SD = \frac{L}{u + v \cos \phi} (V - v \sin \phi)$$

$$\text{Minimize SD : } \frac{-v \cos \phi}{u + v \cos \phi} + \frac{V - v \sin \phi}{(u + v \cos \phi)^2} v \sin \phi = 0$$

$$\Rightarrow (u + v \cos \phi) v \cos \phi = (V - v \sin \phi) v \sin \phi$$

$$\Rightarrow uv \cos \phi + v^2 = Vv \sin \phi$$

$$\Rightarrow v + u \cos \phi = V \sin \phi$$

$$\therefore v^2 + u^2 \cos^2 \phi + 2uv \cos \phi = V^2 \sin^2 \phi$$

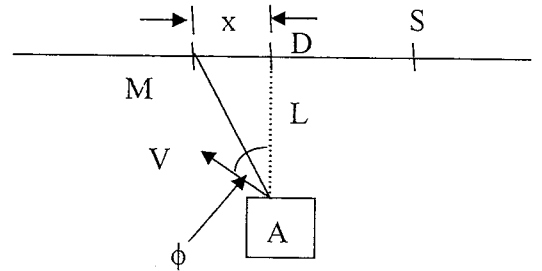
$$\Rightarrow v^2 + u^2 + 2uv \cos \phi = (V^2 + u^2) \sin^2 \phi$$

$$\Rightarrow v^2 + u^2 + 2uv \cos \phi = (V^2 + u^2)(1 - \cos^2 \phi)$$

$$\Rightarrow (V^2 + u^2) \cos^2 \phi + 2uv \cos \phi + (v^2 - V^2) = 0$$

$$\cos \phi = \frac{-2uv \pm \sqrt{4u^2 v^2 + 4(V^2 - v^2)(V^2 + u^2)}}{2(V^2 + u^2)}$$

$$\Rightarrow \cos \phi = \frac{\sqrt{V^4 + V^2(u^2 - v^2)} - uv}{V^2 + u^2} = \frac{V \sqrt{V^2 + u^2 - v^2} - uv}{V^2 + u^2}$$



$$v + u \cos \phi = \frac{vV^2 + vu^2 - u^2v + uv\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{V^2 + u^2}$$

$$= V \frac{vV + u\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{V^2 + u^2}$$

from $v + u \cos \phi = V \sin \phi$

$$\therefore \sin \phi = \frac{vV + u\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{V^2 + u^2}$$

$$\theta = \phi + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} + \cos^{-1}\left(\frac{V\sqrt{V^2 + u^2 - v^2} - uv}{V^2 + u^2}\right)$$

$$T = \frac{SD}{V} = \frac{L}{u + v \cos \phi} \left(1 - \frac{v}{V} \sin \phi\right)$$

$$u + v \cos \phi = \frac{uV^2 + u^3 - uv^2 + Vv\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{V^2 + u^2}$$

$$1 - \frac{v}{V} \sin \phi = \frac{V^3 + Vu^2 - v^2V - vu\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{V(V^2 + u^2)}$$

$$T = \frac{L V (V^2 + u^2 - v^2) - vu\sqrt{V^2 + u^2 - v^2}}{V (u(V^2 + u^2 - v^2) + Vv\sqrt{V^2 + u^2 - v^2})} = \frac{L V \sqrt{V^2 + u^2 - v^2} - uv}{V (u\sqrt{V^2 + u^2 - v^2} + Vv)}$$

三、在光滑水平面上，有甲與乙兩根完全相同、橫截面的邊長均為 a 、質量均為 m 、長度均為 l 的均勻正方形木棒。在兩木棒相鄰側面的中心處各鑽一凹洞，緊緊的嵌入一支楊氏係數(註 1)為 Y 、長度為 L 、橫截面為正方形(邊長為 c)的直棍 DE 。最初兩木棒的側面彼此平行，整個組合的形狀有如字母 H。

【註 1：一均勻長棒兩端受到拉力時，以應力(即每單位截面積承受的拉力)除以應變(即長度伸長量與原長度之比)，即為其楊氏係數。】
若一物體的質量為 M ，統一轉軸的轉動慣量為 I ，則依定義可得

$$I = Mk^2 = \sum_i \Delta m_i r_i^2 \quad M = \sum_i \Delta m_i \quad (1)$$

上式中 r_i 為質量為 Δm_i 的組成質點(或體積單元)到轉軸的垂直距離。已知每根木棒以通過其質心的鉛直線(圖三中之 z 軸)為轉軸時，其轉動慣量為

$$I = \frac{1}{12} m(a^2 + l^2) \quad (2)$$

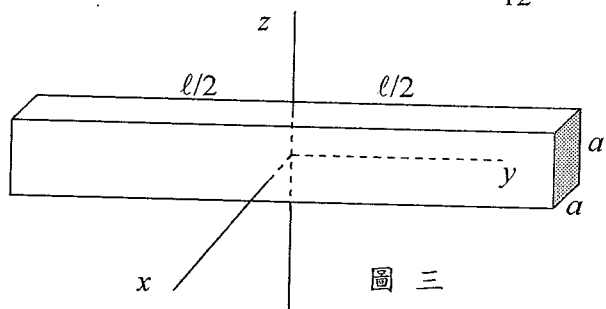


圖 三

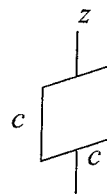


圖 四

- (a) 一厚度很薄、邊長為 c 的均勻正方形平板(如圖四)，可視為長度 l 遠小於邊長 a 的棒狀物體。試求此薄板以通過其中心的鉛直線為轉軸(圖中 z 軸)時，各面積單元 ΔA_i 至轉軸垂直距離的平方之和 $\sum_i \Delta A_i r_i^2$ 。(5分)

今將兩木棒的末端 B 、 C 以質輕之細線相向拉緊後，若 B 、 C 之距離略短於 L ，則細棍將彎曲成弧形(如圖五)。

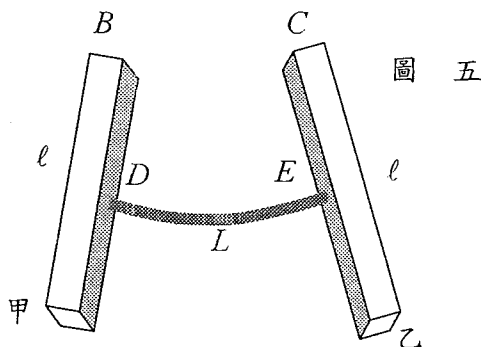
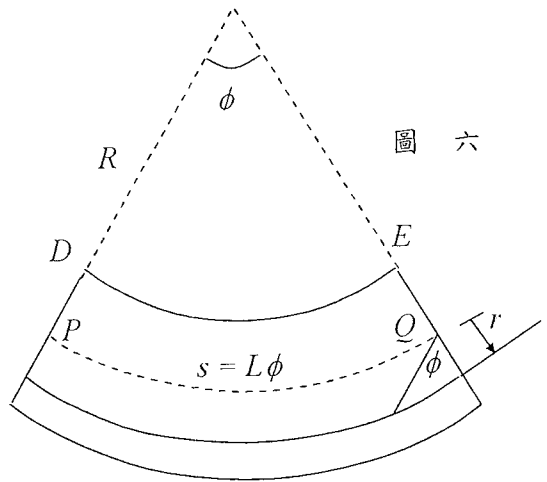


圖 五

(b) 當細棍彎曲成半徑為 R 的弧形時，每根木棒施予細棍的合力與力矩各為何？

(以 c 、 R 、 Y 表示) (12 分)

提示：如圖六，當細棍彎曲成半徑為 R 的弧形時，位於棍之中間面 PQ 的部份，不因彎曲而改變長度，故 $s = L = R\phi$ ；但距離 PQ 為 r 的部份則會伸長或縮短。



(c) 以細線拉緊 B 、 C 使細棍略微彎成弧形後，剪斷細線，則兩木棒繞鉛直線來回轉動之週期 T 為何？(以 I 、 c 、 L 、 Y 表示) (8 分)

參考解答

(a) 由(1)、(2)兩式(令 l 為零)得

$$I = \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \frac{1}{12} M c^2$$

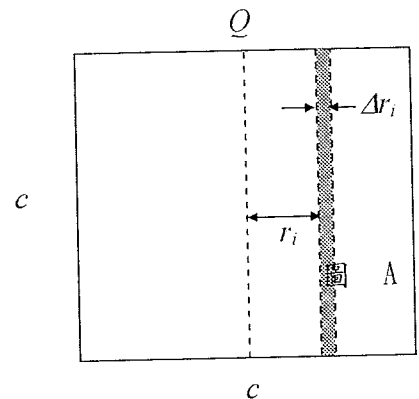
設平板每單位面積的質量為 σ ，則上式可寫為

$$\sum_i (\sigma \Delta A_i) r_i^2 = \frac{1}{12} (\sigma c^2) c^2$$

故得

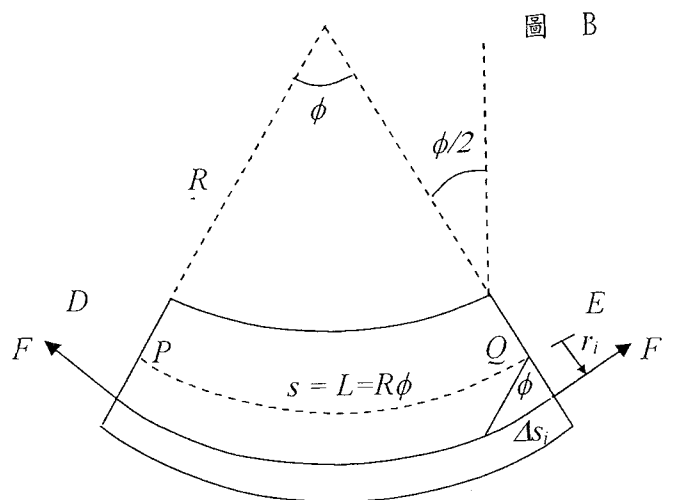
$$\sum_i \Delta A_i r_i^2 = \frac{1}{12} c^4$$

(b) 若如右圖 A 將細棍的正方形橫截面，沿鉛直方向細分為 $2n$ 等分，使每等分的寬度 $\Delta r_i = c/(2n) = \Delta r$ ，則每等分的面積 ΔA_i 均為 $\Delta A = c\Delta r$ ，而各等分相對於 PQ 的水平橫向位



移則為 $r_i = i\Delta r$ ($i = -n, n$)。

如圖 B，當細棍彎曲成半徑為 R 的弧形時，位於棍之中性面 PQ 的部份，不因彎曲而改變長度，故其弧長 $s = L = R\phi$ ；但與 PQ 的水平橫向位移為 r_i 、寬度為 Δr 的圓弧部分所對應的伸長量則為 $\Delta s_i = r_i\phi$ 。



依楊氏係數之定義，木棒對此部份之拉力 ΔF_i 為 $\frac{\Delta F_i}{c\Delta r} = Y \frac{\Delta s_i}{s} = Y \frac{r_i}{R}$ ，即 $\Delta F_i = (Y \frac{r_i}{R}) c\Delta r$

由上式可得作用於伸長($i>0$)與縮短($i<0$)兩部分之合力為

$$\begin{aligned} F &= \sum_{i=-n_1}^n \Delta F_i = \sum_{i=-n_1}^n (Y \frac{r_i}{R}) c\Delta r = \sum_{i=-n_1}^n (Y \frac{i\Delta r}{R}) c\Delta r \\ &= \frac{Yc}{R} (\Delta r)^2 \sum_{i=-n_1}^n i = 0 \end{aligned}$$

上式如以積分形式表示則為

$$F = \int_{r=-c/2}^{r=c/2} dF = \int_{-c/2}^{c/2} (Y \frac{r}{R}) c dr = (Y \frac{c}{R}) \int_{-c/2}^{c/2} r dr = 0$$

(註：此結果可由對稱性考量，知 PQ 兩側之力成對相消而得知合力為零，不需求總和或積分。)

同理，每根木棒施予細棍的力矩 τ 可利用(a)小題之結果求得如下：

$$\begin{aligned} \tau &= \sum_{i=-n_1}^n \Delta \tau_i = \sum_{i=-n_1}^n r_i \Delta F_i = \sum_{i=-n_1}^n r_i (Y \frac{r_i}{R}) c\Delta r \\ &= (\frac{Y}{R}) \sum_{i=-n_1}^n r_i^2 c\Delta r = \frac{Y}{R} \sum_{i=-n_1}^n r_i^2 \Delta A_i \\ &= \frac{Y}{R} \frac{c^4}{12} \end{aligned}$$

上式如以積分形式表示則為

$$\tau = \int_{r=-c/2}^{r=c/2} r dF = \int_{-c/2}^{c/2} r (Y \frac{r}{R}) c dr = (Y \frac{c}{R}) \frac{c^3}{12} = (\frac{Y}{R}) \frac{c^4}{12}$$

(c)如上圖，當細棍彎成半徑為 R 的弧形時，木棒之轉角為 $\phi/2$ ，角加速度為 $\alpha = \frac{1}{2} \ddot{\phi}$ ，而所受回復力矩則為 τ ，故其轉動方程式為

$$I(\frac{\ddot{\phi}}{2}) = -\tau = -Y(\frac{1}{R}) \frac{c^4}{12} = -Y(\frac{\phi}{L}) \frac{c^4}{12}$$

故木棒繞鉛直軸來回轉動之週期 T 為 $T = 2\pi \sqrt{\frac{6LI}{Yc^4}}$

四、

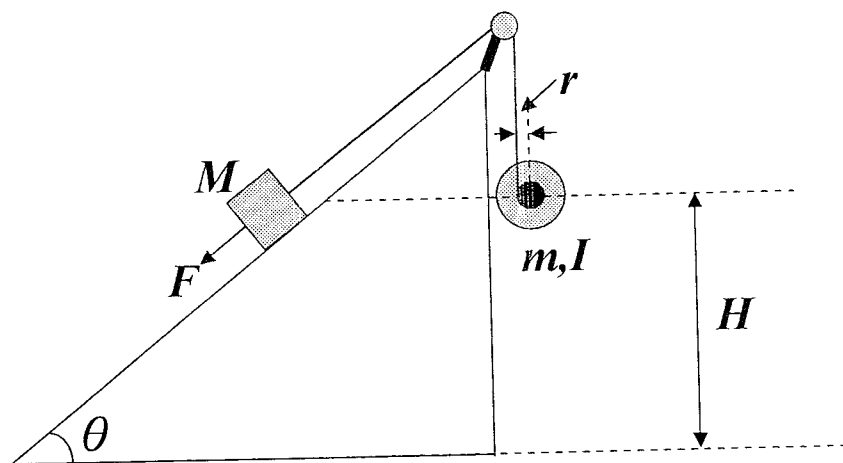


圖 七

如圖七所示，有一光滑斜坡（傾角為 θ ），斜坡頂端有一無摩擦且質量不計的滑輪。一條細繩（質量不計）跨過滑輪連接兩端的物體。細繩一端繞在質量為 m 的溜溜球，另一端為斜坡上的木塊（質量為 M ）。溜溜球轉軸半徑為 r ，以中心為轉軸的轉動慣量為 I 。木塊同時受平行斜坡向下的拉力 F 。木塊及溜溜球的起始高度皆離地面 H ，且溜溜球轉軸已繞上長度大於 H 的細繩。（已知重力加速度為 g ，所有答案請用 m, I, r, θ, H 表示）

- (a) 若 $F=0$ 且木塊不動，只有溜溜球向下落時，此時 M 為多少？在此情況下，溜溜球落下至地面費時多久？（12 分）
- (b) 若 $F=0$ 且木塊沿斜面滑下，但溜溜球高度不變（即在原位置轉動），此時 M 為多少？在此情況下，木塊滑下至地面費時多久？並請解釋在什麼條件下需要 $F>0$ 才能使木塊沿斜面下滑，且溜溜球高度不變（即在原位置轉動）。（13 分）

參考解答

(a) 設溜溜球向下加速度為 a

$$T = Mg \cdot \sin \theta \quad \dots\dots(1)$$

$$mg - T = ma \quad \dots\dots(2)$$

$$T \cdot r = I \cdot \alpha \quad \dots\dots(3) \quad (\alpha \text{ 為溜溜球的轉動角加速度})$$

$$\alpha \cdot r = a \quad \dots\dots(4)$$

由(4)代入(3)，再代入(2)：

$$mg = ma + \frac{I}{r} \cdot \frac{a}{r} = a \left(m + \frac{I}{r^2} \right)$$

$$\Rightarrow a = \frac{mg}{m + \frac{I}{r^2}}$$

$$\text{代回(3): } T = \frac{I \cdot \alpha}{r} = \frac{I \cdot a}{r} = \frac{I m g}{m r^2 + I} = \frac{I g}{r^2 + \frac{I}{m}}$$

$$\text{代回(1): } M = \frac{T}{g \cdot \sin \theta} = \frac{I m}{\sin \theta (m r^2 + I)} = \frac{I}{\sin \theta (r^2 + \frac{I}{m})}$$

$$\Rightarrow \text{費時 } t = \sqrt{2aH} = \sqrt{2H \cdot \frac{mg}{m + \frac{I}{r^2}}}$$

(b) 設木塊向下加速度為 a

$$Ma = Mg \cdot \sin \theta - T \quad \dots\dots(1)$$

$$mg - T = m \times 0 \quad \dots\dots(2)$$

$$T \cdot r = I \cdot \alpha \quad T \cdot r = I \cdot \alpha \quad \dots\dots(3) \quad (\alpha \text{ 為溜溜球的轉動角加速度})$$

$$\alpha \cdot r = a \quad \dots\dots(4)$$

$$\text{由(2): } T = mg \quad \dots\dots(5)$$

$$(5) \cdot (4) \text{代回(3): } mg \cdot r = I \cdot \frac{a}{r} \Rightarrow a = \frac{m g r^2}{I} \quad \dots(6)$$

$$(5) \cdot (4) \text{代回(1): } M(g \sin \theta - a) = T = mg \Rightarrow M = \frac{mg}{g \sin \theta - a} = \frac{m}{\sin \theta - \frac{m r^2}{I}}$$

$$\Rightarrow \text{費時 } t = \sqrt{2aH} = \sqrt{2H \cdot \frac{m g r^2}{I}}$$

當 $\sin \theta < \frac{m r^2}{I}$ 表示木塊在斜面上的重力加速度為 $g \sin \theta$ 跟不上溜溜球原地旋轉造成的線加速度 $\frac{g m r^2}{I}$ ，此時需要外力 $F > 0$ 加速木塊。

五、考慮一個半徑為 R_1 的球形水滴，自由地懸浮在空中。假定水滴可以導電，且電荷可以逐漸地加到水滴上，當水滴上所帶的電量 Q_1 超過某一臨界值時，水滴將分裂成兩個大小相同的球形水滴。已知水在室溫時的表面張力 $\tau = 7.3 \times 10^{-2} \text{ N/m}$ ，回答下列問題時，不需考慮重力和空氣浮力的影響：

【註】：庫倫靜電定律可寫為 $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$ ，式中 ϵ_0 稱為真空（或空氣）的電容率，

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2。$$

(1) 證明一個帶電水滴的總能量 U_1 （考慮水滴的靜電位能和因表面張力所致的位能

），可寫為 $U_1 = a \frac{Q_1^2}{R_1} + b R_1^2$ ，並求出式中常數 a 和 b 各為何，以 ϵ_0 和 τ 表示之。（2分）

(2) 若該水滴分裂成兩個相同的帶電球形水滴，其半徑為 R_2 ，且兩球心之間的距離 $D = 2R_2$ ，求這時該系統的總能量 U_2 ，以 Q_1 、 R_1 、 ϵ_0 、和 τ 表示之。（3分）

(3) 承上題，當 $D = 2R_2$ 時，可視為該水滴分裂成兩個水滴的臨界點。這時水滴的帶電量 Q_1 稱為水滴分裂的臨界電量 Q_c 。寫出水滴分裂的條件為何？試求 Q_c ，以 R_1 表示之。（4分）

(4) 若水滴的半徑 $R_1 = 2.0 \text{ mm}$ ，則當水滴表面的電壓達到多少伏特時，會使該水滴分裂？（4分）

(5) 以上是從能量的觀點來考量，現改用力學的觀點來分析。回答下列問題：

(5-a) 一個半徑為 R ，帶電量為 Q 的球形水滴，其表面上因靜電力的作用，所承受的壓力為何？（4分）

(5-b) 承上題，該水滴因表面張力的作用，所承受的壓力為何？（4分）

(5-c) 使水滴分裂的臨界電量 Q_c 為何？（4分）

參考解答

(1) 由於題設水滴可以導電，因此水滴所帶的電荷必定分布在表面上。水滴表面的靜電壓為

$$V_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1}{R_1}。球形水滴的電容為 $C_1 = \frac{Q_1}{V_1} = 4\pi\epsilon_0 R_1$ 。水滴的靜電位能為$$

$$(U_1)_e = \frac{Q_1^2}{2C} = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1^2}{R_1}$$

表面張力 τ 代表液體表面上每單位面積所儲存的位能，故其對應的位能為

$$(U_1)_s = \tau \times (4\pi R_1^2)$$

帶電球形水滴的總能量為

$$U_1 = (U_1)_e + (U_1)_s = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1^2}{R_1} + (4\pi\tau)R_1^2 \quad (1)$$

得 $a = \frac{1}{8\pi\epsilon_0}$ ， $b = 4\pi\tau$ 。

(2) 當該水滴分裂成兩相同的水滴後，因總體積和總帶電量不變，故

$$R_2^3 = \frac{1}{2} R_1^3, \quad Q_2 = \frac{1}{2} Q_1 \quad (2)$$

兩水滴之間交互作用的靜電位能為

$$(U_2)_{\text{int}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2^2}{D} \quad (3)$$

利用(1)至(3)三式，可得兩帶電球形水滴的總能量為

$$\begin{aligned} U_2 &= (U_2)_e + (U_2)_s + (U_2)_{\text{int}} \\ &= 2 \times \left[\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2^2}{R_2} + (4\pi\tau)R_2^2 \right] + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_2^2}{D} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(Q_1/2)^2}{R_1/2^{1/3}} + 8\pi\tau \left(\frac{R_1}{2^{1/3}} \right)^2 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(Q_1/2)^2}{2(R_1/2^{1/3})} \\ &= \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \left(2^{-(2/3)} + 2^{-(5/3)} \right) \cdot \frac{Q_1^2}{R_1} + (4\pi\tau) \cdot 2^{(1/3)} \cdot R_1^2 \end{aligned} \quad (4)$$

(3) 水滴分裂的條件為

$$U_1 \geq U_2$$

利用(1)和(4)兩式，可得

$$\begin{aligned} \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1^2}{R_1} + (4\pi\tau)R_1^2 &\geq \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \left(2^{-(2/3)} + 2^{-(5/3)} \right) \cdot \frac{Q_1^2}{R_1} + (4\pi\tau) \cdot 2^{(1/3)} \cdot R_1^2 \\ \Rightarrow \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1^2}{R_1} \cdot \left(1 - 2^{-(2/3)} - 2^{-(5/3)} \right) &\geq (4\pi\tau) \cdot \left(2^{(1/3)} - 1 \right) \cdot R_1^2 \\ \Rightarrow Q_1 &\geq \pi \sqrt{32\epsilon_0\tau \frac{(2^{(1/3)} - 1)}{(1 - 2^{-(2/3)} - 2^{-(5/3)})}} \cdot \sqrt{R_1^3} = 3.1 \times 10^{-5} \sqrt{R_1^3} \end{aligned} \quad (5)$$

水滴帶電量的臨界值 $Q_c = 3.1 \times 10^{-5} \sqrt{R_1^3}$ 。

(4) 若水滴的半徑 $R_1 = 2.0\text{mm}$ ，則該水滴帶電量的臨界值為

$$Q_c = 3.1 \times 10^{-5} \sqrt{(2.0 \times 10^{-3})^3} = 2.8 \times 10^{-9} \text{C}$$

這時水滴表面的電壓為

$$V_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_c}{R_1} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{2.8 \times 10^{-9}}{2.0 \times 10^{-3}} = 1.3 \times 10^4 \text{V}$$

(5-a) 設水滴的表面電荷密度為 σ ，因水滴可以導電，其內部的電場強度為零，鄰近表面的電場強度為 σ/ϵ_0 ，故其表面電荷所受的電場強度為

$$E = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma}{\epsilon_0} + 0 \right) = \frac{Q/(4\pi R^2)}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R^2}$$

該水滴因靜電力的作用而承受的壓力為

$$p_e = \sigma E = \frac{Q}{4\pi R^2} \cdot \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{1}{2\epsilon_0} \left(\frac{Q}{4\pi R^2} \right)^2 \quad (6)$$

該靜電壓力使水滴向外擴張。

(5-b)球形水滴的表面積為 $S = 4\pi R^2$

表面積和半徑之間的變化量關係式為 $dS = 8\pi R dR$

液體表面張力的位能的變化量為 $dU_s = \tau dS = 8\pi R \tau dR$ (7)

設 p_s 為表面張力作用於液體表面的壓力，則

$$dU_s = F_s dR = (p_s \times 4\pi R^2) dR \quad (8)$$

由(7)和(8)兩式可得

$$\begin{aligned} (p_s \times 4\pi R^2) dR &= 8\pi R \tau dR \\ \Rightarrow p_s &= \frac{2\tau}{R} \end{aligned} \quad (9)$$

該表面張力作用的壓力使水滴向內收縮。

(5-c)使水滴分裂的條件為

$$\begin{aligned} p_e &\geq p_s \\ \Rightarrow \frac{1}{2\epsilon_0} \left(\frac{Q}{4\pi R^2} \right)^2 &\geq \frac{2\tau}{R} \\ \Rightarrow Q &\geq \pi \sqrt{64\epsilon_0 \tau} \sqrt{R^3} = 2.0 \times 10^{-5} \sqrt{R^3} \end{aligned} \quad (10)$$

水滴帶電量的臨界值 $Q_c = 2.0 \times 10^{-5} \sqrt{R^3}$ 。此值較前所得者為小。

若水滴的半徑 $R_1 = 2.0\text{mm}$ ，則該水滴帶電量的臨界值為

$$Q_c = 2.0 \times 10^{-5} \sqrt{(2.0 \times 10^{-3})^3} = 1.8 \times 10^{-9} \text{C}$$

這時水滴表面的電壓為

$$V_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_c}{R} = 9.0 \times 10^9 \times \frac{1.8 \times 10^{-9}}{2.0 \times 10^{-3}} = 8100 \text{V}$$

六、如圖八之電池組所構成的電路可用如圖九之等效電路取代，等效電路是指不論負載電阻 R 為何，流經電阻的電流都相同。設電池組中電池的電動勢及內電阻分別為 V_1, V_2 及 r_1, r_2 。等效電路之電動勢及內電阻則以 V 及 r 表示。

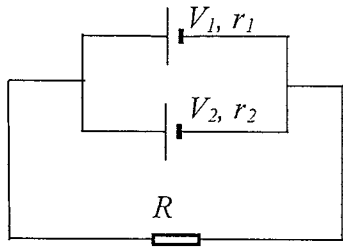


圖 八

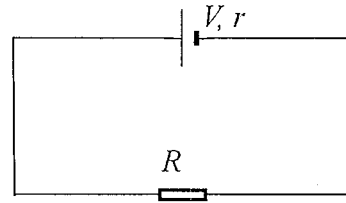


圖 九

- (a) 求 V 與 V_1, V_2 及 r_1, r_2 的關係式。(10分)
 (b) 求 r 與 V_1, V_2 及 r_1, r_2 的關係式。(5分)
 (c) 若電池組中並聯電池不止兩個而是 n 個，其電動勢分別為 V_1, V_2, \dots, V_n ，及內電阻分別為 r_1, r_2, \dots, r_n ，則其等效電路之電動勢及內電阻 V 及 r 為何？(10分)

參考解答

由電路 (i) $V_1 = I_1 r_1 + IR$ ， $V_2 = I_2 r_2 + IR$

$$\Rightarrow I = \frac{\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2}}{1 + \frac{R}{r_1} + \frac{R}{r_2}} = \frac{r_1 V_2 + r_2 V_1}{r_1 r_2 + R r_1 + R r_2}$$

$$I = I_1 + I_2$$

由電路 (ii) $I = \frac{V}{R+r}$

$$\text{兩者 } I \text{ 恒相等} \Rightarrow (R+r) \left(\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2} \right) = V \left(1 + \frac{R}{r_1} + \frac{R}{r_2} \right)$$

$$\Rightarrow R \left(\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2} \right) + r \left(\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2} \right) = RV \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) + V$$

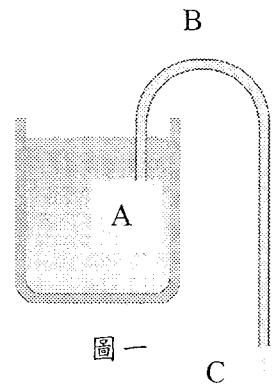
$$\text{比較含 } R \text{ 即不含 } R \text{ 項的係數得： } V = \frac{\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} = \frac{r_2 V_1 + r_1 V_2}{r_1 + r_2} \dots \dots \dots \text{ (a)}$$

$$r = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \dots \dots \dots \text{ (b)}$$

$$\text{(c) } V = \left(\frac{V_1}{r_1} + \frac{V_2}{r_2} + \dots + \frac{V_n}{r_n} \right) / \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n} \right)$$

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

一、一虹吸管裝置如圖一所示，此截面為圓形的管中都已經裝滿了水，且 A 點在容器液面下 10 公分、B 點與容器的液面的高度差為 25 公分，而 C 點與 A 點的高度差為 35 公分。假設容器中的水量遠大於虹吸管中的水量，且此時大氣壓力為 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，水為無黏滯、不可壓縮的流體，其密度為 1 g/cm^3 。若此虹吸管的內徑各處都相同時，則：



(a) C 點處水流出的速率為何？(5 分)

(b) B 點的壓力為何？(5 分)

若此虹吸管後半段的截面積減小一半，成為前半段的 $\frac{1}{2}$ 倍，也就是在 B、C 兩點之間內徑減小，

使得截面積減少為原來的 $\frac{1}{2}$ 倍，則：

(c) C 點處水流出的速率為何？(6 分)

(d) B 點的壓力為何？(9 分)

參考解答

(a) C 點至液面的高度差為 45 公分，因此水流的速率等於

$$\sqrt{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.45 \text{ m}} = 2.97 \text{ m/s}$$

(b) C 點的壓力為大氣壓力，且與 B 點的高度差為 70 公分，C、B 兩點的水流速率相同，因此 B 點的壓力為：

$$1.0 \times 10^5 \text{ Pa} - 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.7 \text{ m} = 9.3 \times 10^4 \text{ Pa}$$

(c) C 點至液面的高度差為 45 公分，因此水流的速率等於

$$\sqrt{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.45 \text{ m}} = 2.97 \text{ m/s}$$

(d) C 點的壓力 (P_C) 為大氣壓力，且與 B 點的高度差 h 為 70 公分，C 點的水流速率 (v_C)

為 B 點速率 (v_B) 的兩倍，依據白努力定律求出 B 點的壓力 (P_B) 為：

$$P_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 = P_C + \frac{1}{2} \rho v_C^2 - \rho g(0.7 \text{ m})$$

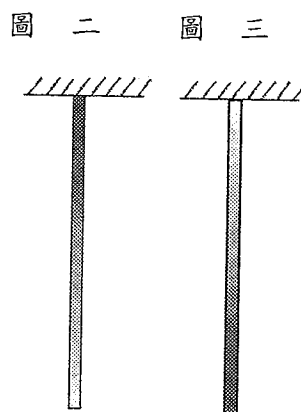
$$P_B = P_C + \frac{1}{2} \rho (v_C^2 - v_B^2) - \rho g(0.7 \text{ m})$$

$$= 1 \times 10^5 \text{ Pa} + \frac{1}{2} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \left[\frac{3}{4} \times (2.97 \text{ m/s})^2 \right] - 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.7 \text{ m}$$

$$\cong 9.64 \times 10^4 \text{ Pa}$$

二、垂直懸吊一條長度 L 之繩索，繩索的質量密度 (μ) 在繩索全長中不為均勻分布。令 $\mu = ay$ ；其中 a 為常數，

y 為從底端開始向上之長度，如附圖二。如果在繩索底端啟動一個脈衝橫波，請回答下列子題。(令重力加速度為 g)



(a) 脈衝橫波在繩索中的波速 V_1 與 y 的關係 $V_1(y)$ 。(5分)

(b) 脈衝波從底端開始傳遞到達頂端的時間 T_1 。(7分)

(c) 若將繩索顛倒懸掛，使得密度分布 $\mu = a(L - y)$ ，其中 a 為

常數， y 為從底端開始向上之長度，如附圖三。請求出脈衝橫波在繩索中的波速 V_2 與 y 的關係 $V_2(y)$ 。(5分)

(d) 續(c)，此狀況下之脈衝橫波從底端傳遞到頂的時間為 T_2 ，請證明 $T_2 < T_1$ 。(8分)

提示：
$$\int y^{\frac{1}{2}} dy = 2y^{\frac{3}{2}}$$

參考答案

(a) 繩波的速度 $V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ； T 為張力， μ 為質量密度

因為 $T = \int_0^y g\mu dy = \frac{1}{2}gay^2 \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}gay^2}{ay}} = \sqrt{\frac{gy}{2}}$

(b) $dt = \frac{dy}{V_1(y)} = \frac{dy}{\sqrt{gy/2}}$

所以 $T_1 = \int dt = \int_0^L \frac{dy}{V_1(y)} = \int_0^L \frac{\sqrt{2}dy}{\sqrt{gy}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{g}} \int_0^L y^{\frac{1}{2}} dy = 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$

(c) 若 $\mu = a(L - y)$

則 $T = \int_0^y g\mu dy = \frac{1}{2}ga(Ly - \frac{1}{2}y^2)$

$$V_2 = \sqrt{\frac{ga(Ly - \frac{1}{2}y^2)}{a(L - y)}} = \sqrt{g} \sqrt{\frac{Ly - \frac{1}{2}y^2}{L - y}}$$

$$(d) dt = \frac{dy}{V_2(y)} = \frac{dy}{\sqrt{g \left(\frac{Ly - \frac{1}{2}y^2}{L-y} \right)}}$$

$$T_2 = \int dt = \int_0^L \frac{dy}{V_2(y)} = \int_0^L \frac{dy}{\sqrt{g \left(\frac{Ly - \frac{1}{2}y^2}{L-y} \right)^{\frac{1}{2}}}} = \frac{1}{\sqrt{g}} \int_0^L \left(\frac{1}{y} - \frac{1}{2(L - \frac{1}{2}y)} \right)^{\frac{1}{2}} dy$$

$$\text{因為 } \frac{1}{y} - \frac{1}{2(L - \frac{1}{2}y)} < \frac{1}{y} \Rightarrow T_2 < T = \frac{1}{\sqrt{g}} \int_0^L \left(\frac{1}{y} \right)^{\frac{1}{2}} dy = 2\sqrt{\frac{L}{g}} < 2\sqrt{2}\sqrt{\frac{L}{g}} = T_1$$

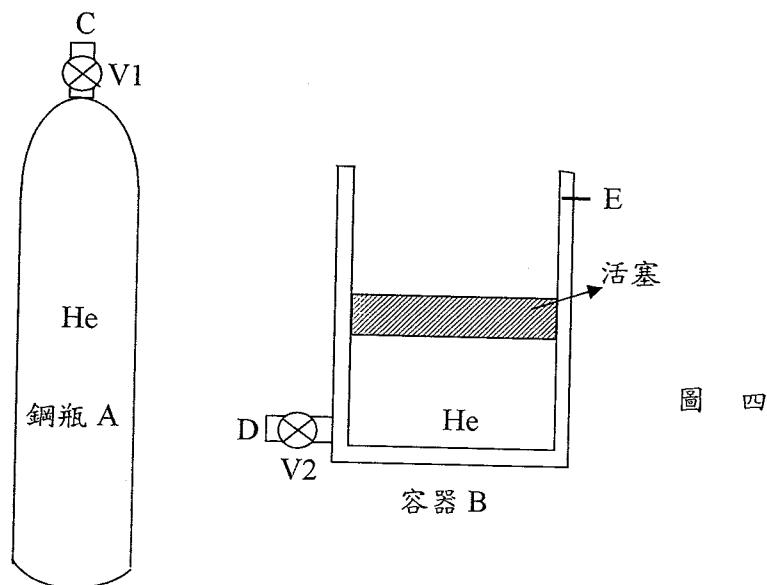
所以 $T_2 < T_1$

三、物理實驗中常利用鋼瓶充氣，如下圖四有一支絕熱氣體鋼瓶 A，內裝有理想 He 氣體，鋼瓶口有一閘門 V1，鋼瓶的體積、溫度和壓力分別為 20 公升、300K 和 3 atm。實驗中用到一個絕熱容器 B，容器內有一可自由活動的活塞，活塞有一定的重量，下端有一閘門 V2。實驗前，容器 B 內還有剩餘的 He 氣，其氣體的體積、溫度和壓力分別為 10 公升、300K 和 1.2 atm。實驗時為了將 B 容器充氣，以一條細長的雙層絕熱不銹鋼管連結 C 和 D，同時打開閘門 V1 和 V2，

- (a)使鋼瓶容器的氣體做絕熱膨脹，當其內的壓力降至 1.2 atm 時，迅速將閘門關閉。設容器外的大氣壓力為 1 atm，問鋼瓶內的氣體最後剩下多少莫耳？(10 分)
- (b)容器 B 內氣體在最後達成平衡時的溫度和體積各為若干？(10 分)
- (c)為了避免活塞跳出容器 B 外，會在容器邊緣 E 處設計一漏氣孔，故 B 容器最多可容納 20 公升的氣體。求此充氣過程，B 容器最後平衡時的壓力為何？(5 分)

【註】1. 氣體常數 $R = 0.082 \text{ atm} \cdot \ell / \text{mol} \cdot \text{K}$ 。

2. 絕熱過程滿足 $T \cdot P^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{常數}$ ，氦氣的 $\gamma = \frac{5}{3}$ (其中 T, P 為容器內的溫度及壓力)。



參考解答

(a)由理想氣體公式可得，閘門打開前鋼瓶 A 和容器 B 內的氣體莫耳數為

$$n_A = \frac{P_A V_A}{RT_A} = \frac{3 \times 20}{0.082 \times 300} = 2.44 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{P_B V_B}{RT_B} = \frac{1.2 \times 10}{0.082 \times 300} = 0.488 \text{ mol}$$

在閥門打開後，鋼瓶內的氣體由 (P_A, T_A) 絕熱膨脹至 (P'_A, T'_A) ，並滿足下式：

$$T_A P_A^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T'_A P'^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

將 $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$ 代入上式

可得 T'_A

$$T'_A = T_A \times \left(\frac{P_A}{P'_A} \right)^{-0.4} = 300 \times \left(\frac{3}{1.2} \right)^{-0.4} = 208 \text{ K}$$

$$n'_A = \frac{P'_A V'_A}{RT'_A} = \frac{1.2 \times 20}{0.082 \times 208} = 1.41 \text{ mol}$$

(b) 由理想氣體定律 $P'_B V'_B = n'_B RT'_B$ 可得， $1.2 \times V'_B = 1.518 \times 0.082 \times T'_B$

$$\text{即 } V'_B = 0.104 T'_B \text{ -----(1)}$$

其中 $P'_B = 1.2 \text{ atm}$ ， $n'_B = 0.488 + (2.44 - 1.44) = 1.518 \text{ mol}$

另外，針對 A 和 B 的總系統而言為絕熱系統，即 $Q = 0$ 。

且根據熱力學第一定律 $\Delta U = Q - \Delta W$

$$\Rightarrow \Delta U = \Delta W \text{ -----(2)}$$

閥門打開前後，內能差為：

$$\Delta U = U_2 - U_1 = (n'_A C_V T'_A - n_A C_V T_A) + n'_B C_V T'_B - n_B C_V T_B \text{ -----(3)}$$

B 容器內的氣體作等壓膨脹，其壓力為 1.2 atm 。

$$\Delta W = \int_{V_B}^{V'_B} P dV = 1.2(V'_B - V_B) \text{ -----(4)}$$

將(3)和(4)代入(2)式可得：

$$(n'_A C_V T'_A + n'_B C_V T'_B) - (n_A C_V T_A + n_B C_V T_B) + 1.2(V'_B - V_B) = 0$$

即 $0.187T'_B + 1.2V'_B = 83.97$ -----(5)

其中，

$n_A = 2.44 \text{ mol}$	$n'_A = 1.41 \text{ mol}$	$T_A = 300 \text{ K}$	$T'_A = 208 \text{ K}$
$n_B = 0.488 \text{ mol}$	$n'_B = 1.518 \text{ mol}$	$T_B = 300 \text{ K}$	$V_B = 10 \text{ l}$
$C_V = \frac{3}{2}R = 0.123 \text{ atm} \cdot \text{l} / \text{mol} \cdot \text{K}$			

由(1)和(5)可得

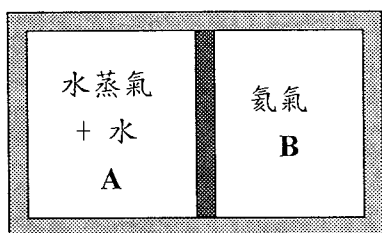
$$T'_B = 269 \text{ K}$$

$$V'_B = 27.98 \text{ l}$$

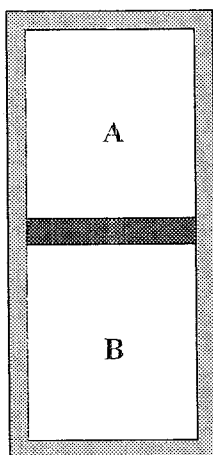
- (c) 活塞因小孔而造成容器 B 內的氣體外洩。當活塞移至小孔下時，活塞開始擠壓容器內氣體直至恢復壓力為 1.2 atm 。

四、在一橫截面為 500 cm^2 的密閉容器中，有一質量為 200 kg 的活塞將容器分隔成 A、B 兩室，而活塞可以在容器中自由的滑動。其中 A 室中裝有水蒸氣和水，而 B 室中則裝有 1 mole 的氬氣，假設水蒸氣和氬氣可視為理想氣體，此系統達到熱平衡時溫度為 100°C ，如圖五所示。今將此密閉容器以順時針方向緩慢旋轉 90° ，而形成如圖六的裝置，在整個過程中溫度仍然維持 100°C ，當此系統再度達到熱平衡時，A 室中的水恰好完全變成水蒸氣而形成飽和蒸氣，而且 A 室的體積為 0.04 m^3 。已知當溫度為 100°C 時，水的飽和蒸氣壓為 $1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ，水的汽化熱為 $2.26 \times 10^6 \text{ J/kg}$ ，氣體常數 $R = 8.314 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$ ，絕對零度為 -273°C 。

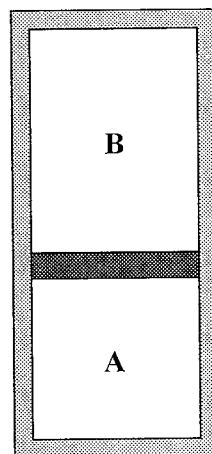
- (a) 請問在圖五中 A 室的體積為何？(8 分)
- (b) 請問在圖五的 A 室中水蒸氣和水的質量各為多少公克？(6 分)
- (c) 將圖六的裝置以順時針方向緩慢旋轉 180° 而形成如圖七的裝置，在整個過程中溫度仍維持 100°C ，請問此系統達到熱平衡時 A 室和 B 室的體積分別為何？(6 分)
- (d) 承(c)，請問在整個過程中 A 室與外界交換的熱量為何？(5 分)



圖五



圖六



圖七

參考解答

(a) 首先由圖(二)，已知活塞質量為 200 kg ，它所造成的壓力為

$$P_0 = \frac{200 \times 9.8}{500 \times 10^{-4}} = 3.92 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$
。當達到熱平衡時溫度為 100°C ，此時 A 室中形成水蒸氣的飽和蒸氣，而且 A 室的體積為 0.04 m^3 ，所以

$$P_{A2} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2,$$

而水蒸氣的莫爾數為
$$N_A = \frac{1.013 \times 10^5 \times 0.04}{8.314 \times 373} = 1.3066 \text{ mole}$$

因此 B 室中的壓力為

$$P_{B2} = P_{A2} + P_0 = 1.013 \times 10^5 + 3.92 \times 10^4 = 1.405 \times 10^5 \text{ N/m}^2 ,$$

而氬氣有 1 mole，B 室的體積為 $V_{B2} = \frac{1 \times 8.314 \times 373}{1.405 \times 10^5} = 0.022 \text{ m}^3$

因此密閉容器的體積為 $V = V_{A2} + V_{B2} = 0.04 + 0.022 = 0.062 \text{ m}^3$ 。

再者由圖(一)知， $P_{A1} = P_{B1} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ，

故知 B 室的體積為 $V_{B1} = \frac{1 \times 8.314 \times 373}{1.013 \times 10^5} = 0.0306 \text{ m}^3$

所以 A 室的體積為 $V_{A1} = V - V_{B1} = 0.062 - 0.0306 = 0.0314 \text{ m}^3$ 。

(b) 在圖(一)的 A 室中水蒸氣的莫爾數為 $N_{A1}^g = \frac{1.013 \times 10^5 \times 0.0314}{8.314 \times 373} = 1.0257 \text{ mole}$ ，

所以水的莫爾數為 $N_{A1}^l = N_A - N_{A1}^g = 1.3066 - 1.0257 = 0.2809 \text{ mole}$ 。

因此在圖(一)的 A 室中水蒸氣的質量為 $1.0257 \times 18 = 18.46 \text{ g}$ ，
而水為 $0.2809 \times 18 = 5.056 \text{ g}$ 。

(c) 如圖(三)的裝置，A 室中的壓力為 $P_{A3} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ，

因此 B 室中的壓力為 $P_{B3} = P_{A3} - P_0 = 1.013 \times 10^5 - 3.92 \times 10^4 = 6.21 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

故知 B 室的體積為 $V_{B3} = \frac{1 \times 8.314 \times 373}{6.21 \times 10^4} = 0.05 \text{ m}^3$

所以 A 室的體積為 $V_{A3} = V - V_{B3} = 0.062 - 0.05 = 0.012 \text{ m}^3$

(d) 如圖(三)的裝置，A 室中水蒸氣的莫爾數為 $N_{A3}^g = \frac{1.013 \times 10^5 \times 0.012}{8.314 \times 373} = 0.392 \text{ mole}$ ，

所以水的莫爾數為 $N_{A3}^l = N_A - N_{A3}^g = 1.3066 - 0.392 = 0.915 \text{ mole}$ ，

因此在整個過程中 A 室必須對外界放熱

$$\Delta Q = \frac{0.915 \times 18}{1000} \times 2.26 \times 10^6 = 37222.2 \text{ J} = 8892 \text{ cal}$$

五、汽車後車燈內裝有如圖八所示『四面直角體稜鏡』多個，使任意方向入射之光，可從入射反方向反射，以維護行車安全；試證明，從斜面射入此種稜鏡之光線經其他三個面反射後，出射光線總是與入射光線相反方向。(25分)

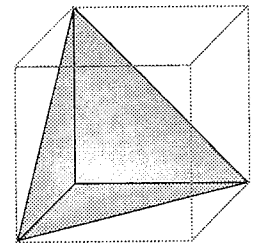


圖 八

參考解答

從斜面入射的光線經三個直角面反射後仍從斜面射出，其間光線共經歷了三個直角面的三次反射和斜面往返的二次反射，證明出射光線和入射光線方向相反，可分兩步進行：

(1) 先證明任意一根經三個直角面反射以後的光線總是和入射光線平行且方向相反。

用向量的概念證明這個結論比較簡單，如圖 A 所示，設三個直角面分別為 O_{xy} 平面

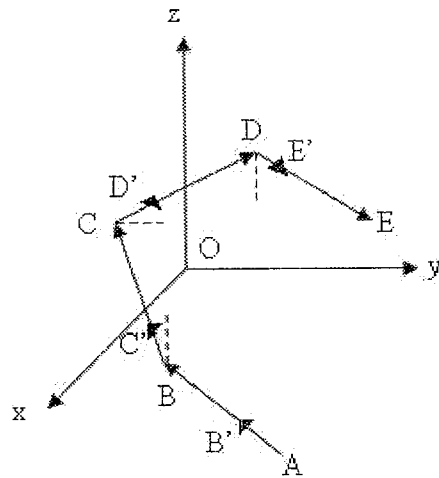


圖 A

、 O_{xz} 平面和 O_{yz} 平面，入射光線 AB 先後經三個平面反射後出射光線為 DE，並設 $\overline{AB'}$ 、 $\overline{BC'}$ 、 $\overline{CD'}$ 、 $\overline{DE'}$ 分別為光線 AB、BC、CD、DE 的單位向量，則

$$\overline{AB'} = (\cos \alpha, \cos \beta, \cos \gamma)$$

式中 α, β, γ 為 $\overline{AB'}$ 的方向角，由於 \overline{BC} 為 \overline{AB} 經 O_{xy} 平面的反射線，根據反射定律顯然有

$$\overline{BC'} = [\cos \alpha, \cos \beta, \cos(\pi - \gamma)]$$

同理，
$$\overline{CD'} = [\cos \alpha, \cos(\pi - \beta), \cos(\pi - \gamma)]$$

$$\begin{aligned} \overline{DE'} &= [\cos(\pi - \alpha), \cos(\pi - \beta), \cos(\pi - \gamma)] \\ &= (-\cos \alpha, -\cos \beta, -\cos \gamma) \end{aligned}$$

因此， $\overline{AB'} = -\overline{DE'}$

即光線 AB 和 DE 反向平行。

(2) 再證明斜面的出射光線和入射光線平行且方向相反。

如圖 B 所示，設光線 1 以入射角 i_1 入射到斜面上，其折射光線 2 的折射角為 i_2 ，則根據(1)的證明，光線 2 經三個直角面反射後的光線 3 必以入射角 i_2 入射到斜面上，在次折射後的光線 4 的折射角也必為 i_1 ，因此出射光線 4 必和入射光線 1 反向平行。

由(1)，(2)證明可知，經直角四面體稜鏡兩次折射和三次反射的出射光線和入射光線方向相反，如果入射光線(即入射面)垂直於某個直角交稜，則此時光線只經過兩次折射和兩次反射，但顯然可見出射光線和入射光線方向相反的結論仍然成立。

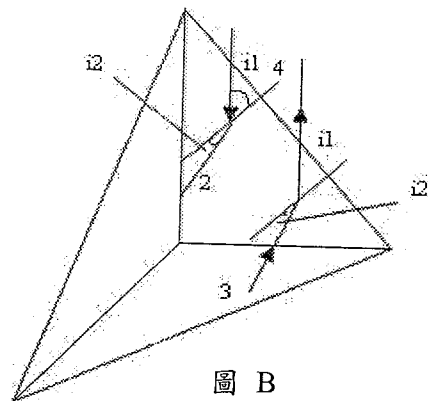
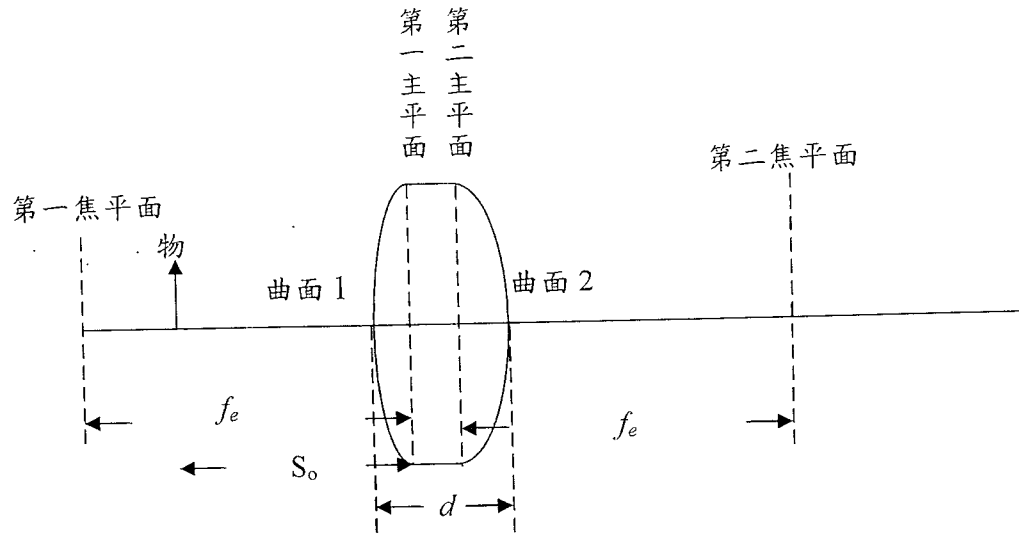


圖 B

六、透鏡兩表面頂點之間的距離稱為透鏡的厚度，以 d 表示。若透鏡的厚度 d 與兩表面的曲率半徑 R_1 、 R_2 相比不能忽略，則稱為厚透鏡(thick lens)，厚透鏡與薄透鏡的成像公式不同。現有一雙凸厚透鏡(厚度 $d = 1.00 \text{ cm}$)的折射率為 1.5，其表面之曲率半徑分別為 $R_1 = 10.0 \text{ cm}$ ， $R_2 = -10.0 \text{ cm}$ 。某物高 2.00 cm 且置於雙凸厚透鏡前之物距為 10.0 cm ，試求此厚透鏡之有效焦距(第一焦平面至第一平面之距離)，及像的位置、大小及方向。(25 分)

參考解答



$$\text{曲面 1} \quad \frac{1}{S_{o1}} + \frac{n}{S_{i1}} = \frac{n-1}{R_1}$$

$$S_{i1} \rightarrow \infty, f_1 = \frac{R_1}{n-1}$$

$$\frac{1}{S_{o1}} + \frac{n}{S_{i1}} = \frac{1}{f_1}, \quad S_{i1} = \frac{n f_1 S_{o1}}{S_{o1} - f_1}$$

$$\text{放大率 } m_1 = -\frac{S_{i1}}{n S_{o1}}$$

$$\text{曲面 2} \quad \frac{n}{S_{o2}} + \frac{1}{S_{i2}} = \frac{1-n}{R_2}$$

$$S_{i2} \rightarrow \infty, f_2 = -\frac{R_2}{n-1}$$

$$\frac{n}{S_{o2}} + \frac{1}{S_{i2}} = \frac{1}{f_2}, \quad S_{i2} = \frac{f_2 S_{o2}}{S_{o2} - n f_2} = \frac{f_2 (d - S_{i1})}{S_{o2} - n f_2}$$

$$\text{放大率 } m_2 = -\frac{nS_{i2}}{S_{o2}}$$

$$\text{有效焦距 } \frac{1}{S_o} + \frac{1}{S_i} = \frac{1}{f_e}$$

若 $S_{o1} \rightarrow \infty$ ，則 $S_{i1} \rightarrow nf_1$ ， $S_{o1} \rightarrow S_o$ ， $S_i \rightarrow f_e$

$$\text{放大率 } m = m_1 \times m_2 = \left(-\frac{S_{i1}}{nS_{o1}}\right)\left(-\frac{nS_{i2}}{S_{o2}}\right) = \frac{S_{i1}}{S_{o1}} \frac{S_{i2}}{S_{o2}} = -\frac{S_i}{S_o}$$

$$\Rightarrow \frac{S_{i1}S_{i2}}{S_{o2}} = -S_i \quad \therefore \frac{nf_1}{d-S_{i1}} S_{i2} = -f_e \dots \dots \dots (1)$$

$$\Rightarrow S_{i2} = \frac{f_2 S_{o2}}{S_{o2} - nf_2} = \frac{f_2(d - nf_1)}{d - n(f_1 + f_2)} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{由(1)、(2)式 } f_e = -\left(\frac{nf_1}{d - nf_1}\right) \frac{f_2(d - nf_1)}{d - n(f_1 + f_2)} = \frac{nf_1 f_2}{n(f_1 + f_2) - d}$$

$$\text{曲面 1 } f_1 = \frac{R_1}{n-1} = \frac{10.0}{0.5} = 20.0 \text{ cm}$$

$$\text{曲面 2 } f_2 = -\frac{R_2}{n-1} = -\frac{-10.0}{0.5} = 20.0 \text{ cm}$$

$$\text{推導出有效焦距 } f_e = \frac{nf_1 f_2}{n(f_1 + f_2) - d} = \frac{1.50(20.0)^2}{59.0} = 10.2 \text{ cm}$$

$$\text{像距 } S_i = \frac{f_e S_o}{S_o - f_e} = \frac{10.2 \cdot 10.0}{-0.2} = -510 \text{ cm 在第二主平面的左側}$$

$$\text{放大率 } m = -\frac{S_i}{S_o} = -\frac{-510}{10.0} = 51.0 \text{ 正立虛像，像高 } 102 \text{ cm}$$

壹、注意事項：

- 測量或分析的方法、過程、數據、分析與結果，應填入實驗報告內，對應的位置之中，否則不予計分。實驗報告每人限一份，小心填寫與繪圖。
- 注意玻璃安全。除黏土之外，所有器材皆不得以破壞性運用。

貳、器材：

器材	數量	附註	器材	數量	附註
木塊	1	一面中央有孔與縫	玻片	50	
細繩	1		多用電表 (圖 5)	1	
圓柱磁鐵 (圖 1)	1		測量磁場強度裝置 (圖 6)	1	
塑膠尺	1		鱷魚夾接線	3	
游標尺	1		扁圓磁鐵	1	
1MΩ 可變電阻 (圖 2)	1		竹籤	1	
6V 電池與盒 (圖 3)	1	已串接保護電阻	黏土	1	

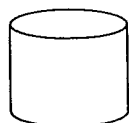


圖 1 圓柱磁鐵示意圖

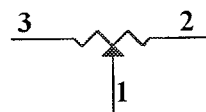
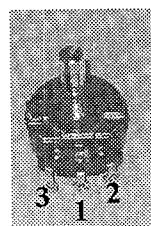


圖 2 可變電阻(上)與示意圖(下)

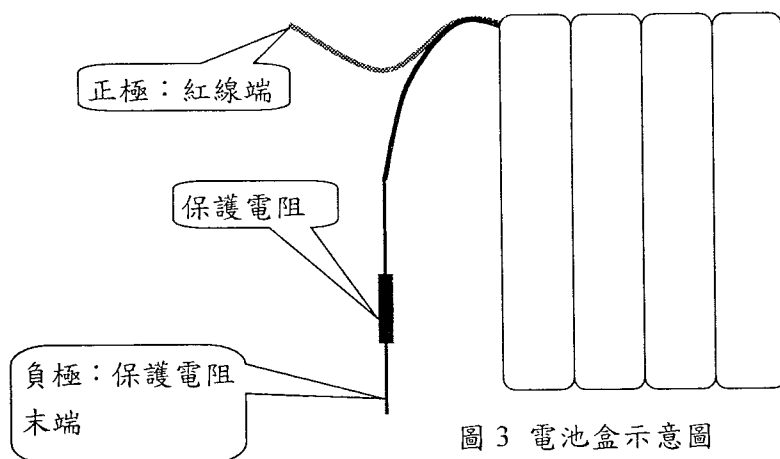


圖 3 電池盒示意圖

參、實驗內容：

(一) 基本測量：儘可能精確的測定所給圓柱磁鐵的

(a) 橫截面的面積 A ，如圖 4a 所示

(b) 所缺圓角部份(圖 4b)，所佔的體積 ΔV

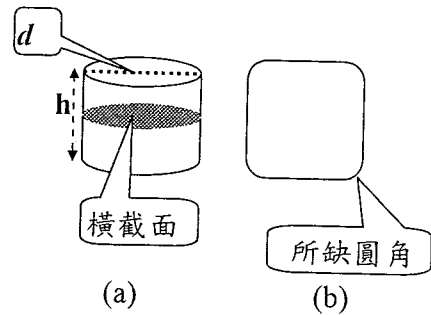


圖 4 圓柱磁鐵立體示意圖(a)，側視圖(b)

(二) 多用電表伏特計顯示的最小單位：

多用電表具有伏特計功能，其選擇旋鈕設定及接線如圖 5 所示，不用時旋鈕設定應置於 OFF。所給的多用電表，在使用伏特計功能時，電表顯示的最小單位會由小而大自動調整。從 0 伏特開始，電壓增至第一個臨界電壓 V_1 時，顯示的最小單位會自動調整，電壓再增至另一個臨界電壓 V_2 時，顯示的最小單位又會自動調整，以此類推。

利用所給器材設計實驗，測量臨界電壓與顯示的最小單位。並將電路圖、方法、臨界電壓，以及電表顯示的最小單位，填於實驗報告中。

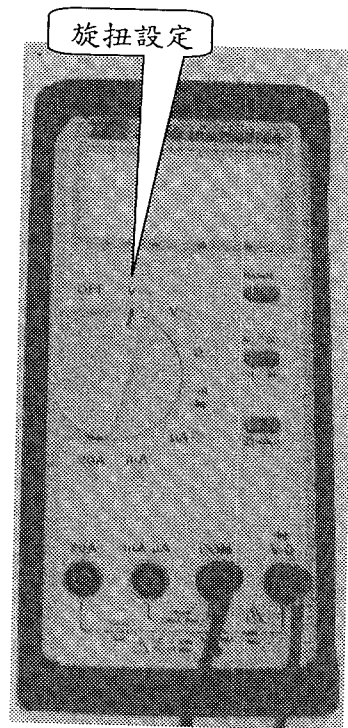


圖 5 多用電表直流電壓測量時的旋鈕設定與接線

器材中的測量磁場強度裝置包含電源、控制盒、磁場計三部分，如圖 6 所示。電源直接插在 110V AC 插座上，其輸出端連接控制盒。控制盒上附有開關，壓下紅按鈕為開；再壓，紅按鈕彈起為斷路。不使用时，應使紅按鈕彈起為斷路。磁場測量端能夠偵測垂直於其表面的磁場分量 B_z ，並轉換為電壓，可與多用電表的直流電壓功能並聯使用。已知磁場變化 $\Delta B = 1$ 特斯拉時，磁場計輸出電壓的變化量為 $\Delta V = 10$ 伏特。

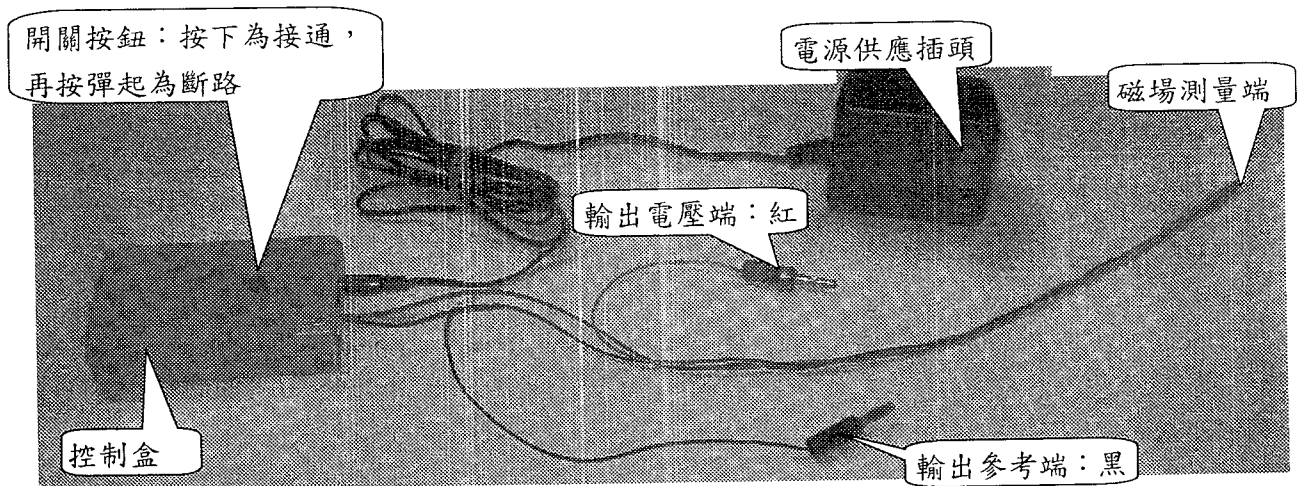


圖 6 測量磁場強度裝置

(三) 地球磁場：

利用所給器材，估量地球磁場量值的上限 $B_E \leq ?$ ，並將實驗方法說明與地球磁場量值的上限 $B_E \leq ?$ 填入實驗報告中。

(四) 磁場縱向分布：

- (a) 設計實驗，測量沿著圓柱形磁鐵中心軸的磁場縱向分布 $B_z(z)$ ， z 為與磁鐵表面的距離，如圖 7 所示。將實驗簡圖、方法說明與測量數據填入實驗報告中。
- (b) 將數據點 $B_z(z) - z$ ，描繪於實驗報告繪圖紙中。

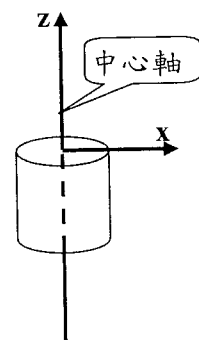


圖 7 磁鐵與中心軸

(五) 實驗數據分析

分析實驗數據，判斷哪一部分符合經驗式 $B_z(z) \propto \frac{1}{z^p}$ 的描述，並求 p 值。

將數據分析、繪圖、計算、符合經驗式 $B_z(z) \propto \frac{1}{z^p}$ 的範圍與 p 值填入實驗報告中。

實驗報告

(一) 基本測量

(a) 橫截面面積

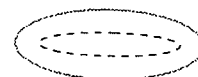
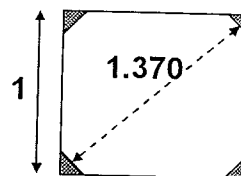
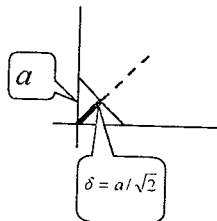
$$d = 1.000, A = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 = 0.785 \text{ cm}^2$$

(b) 所缺圓角部份所佔的體積 $\Delta V =$ _____

• 截角估算：

$$\delta = (\sqrt{2} - 1.370) / 2 = 0.0221,$$

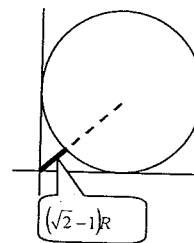
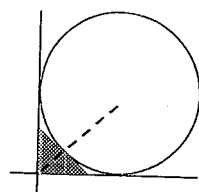
$$a = \sqrt{2}\delta = 0.031 \text{ cm}$$



• 圓弧估算：

$$(\sqrt{2} - 1.370) = 0.0442$$

$$\delta = \frac{(\sqrt{2} - 1.370)}{2} = 0.0221$$



$$\text{圓弧半徑 } R = \frac{\delta}{(\sqrt{2} - 1)} = 0.053 \text{ cm}$$

與「正圓柱體」的體積差異 ΔV

• 截角估算：

$$\Delta A = \pi d \frac{a^2}{2} = 0.000488$$

$$\Delta v = \pi d \Delta A = \pi d \frac{a^2}{2} = \pi d a^2 = \pi d (\sqrt{2}\delta)^2 = 2\pi d \delta^2$$

$$\Delta v = 0.00153 \rightarrow \Delta V = 2\Delta v = 0.003 \text{ cm}^3$$

• 圓弧估算：

$$\Delta A = R^2 - \frac{\pi R^2}{4} = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) R^2 = 0.000611$$

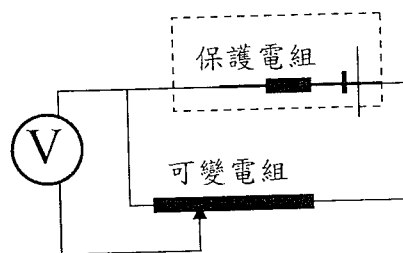
$$\Delta v = \pi d \Delta A = 0.00192 \rightarrow \Delta V = 2\Delta v = 0.004 \text{ cm}^3$$

(二) 三用電表伏特計靈敏度：

從電壓 $V=0$ 開始，逐漸增加，起初顯示的最小單位為 $\Delta V_0 =$ _____，
 電壓增至 $V_1 =$ _____ 之後，顯示的最小單位變為 $\Delta V_1 =$ _____，
 電壓增至 $V_2 =$ _____ 之後，顯示的最小單位變為 $\Delta V_2 =$ _____。

繪電路圖，並說明方法：

連接電路如右圖，可變電阻形成分壓器，調整可變電阻。從最小分壓 $V=0$ 開始，逐漸增加，此時靈敏度為 $\Delta V_0 = 0.1mV$ ，電壓增至 $V_1 = 322.5mV$ 之後，靈敏度變為 $\Delta V_1 = 1mV$ ，電壓增至 $V_2 = 3.25V$ 之後，靈敏度變為 $\Delta V_2 = 0.01V$ 。



(三) 地球磁場量值的上限 $B_E \leq$ _____

方法說明：

利用所給器材，估量地球磁場量值的上限

- 遠離磁鐵，不論東南西北方向變化，磁場計讀數不變，一值都是 $V_0 = 2.515 \pm 0.001V$ ，此為磁場計讀數零點電壓 $V_0 = 2.515$ 。
- 已知磁場計靈敏度為 $\frac{\Delta V}{\Delta B_z} = \frac{10V}{1 Tesla} = \frac{1mV}{10^{-4} Tesla}$ ，電壓表讀數靈敏度為 $0.001V$ ，→ 所以磁場測量下限約 $10^{-4} Tesla$ ，地磁不影響磁場計讀數，可判定其上限不大於 $1G$

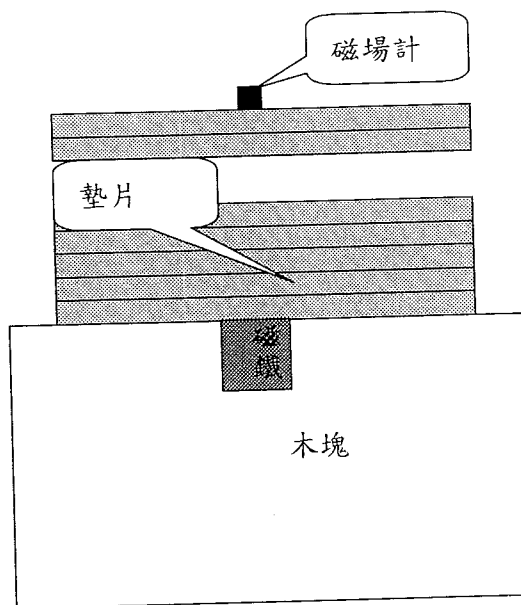
(四) 磁場縱向分布：

實驗方法簡圖與說明：

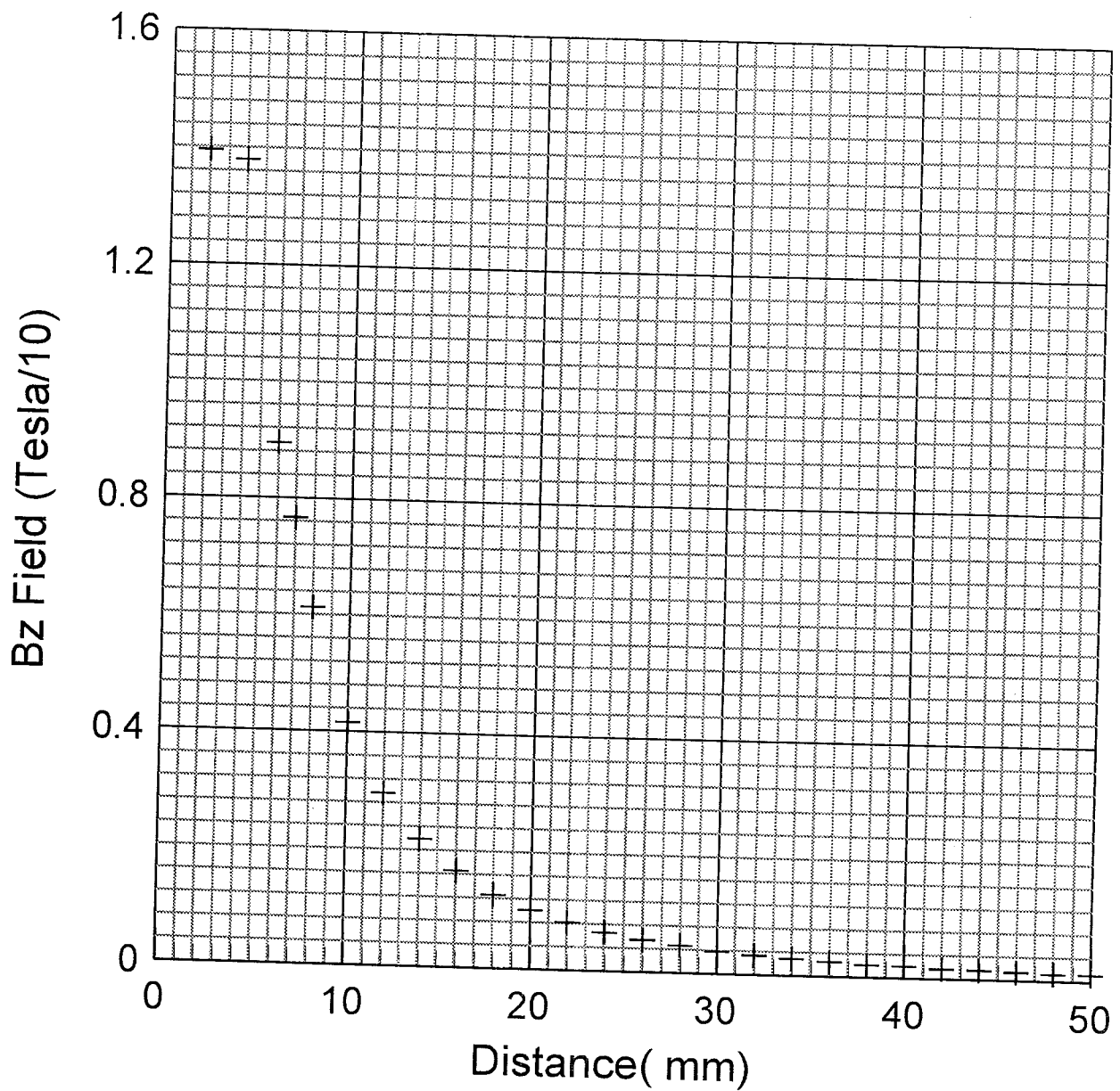
(a) 設計實驗，測量並紀錄磁場的縱向分布 $B_z(z)$ 。

1. 磁場計特性紀錄：

- 遠離磁鐵，磁場計讀數不隨東南西北方向變化，表示地磁強度遠超過其靈敏度，實驗上也可忽略。
- 遠離磁鐵，磁場計讀數不變，一直都是 $2.515V$ ，此為磁場計讀數零點電壓 $V_0 = 2.515V$ 。
- 接近磁鐵，靠近一極，磁場計讀數大於 $V_0 = 2.515$ ；讀數大過於 $3.25V$ ，電表會自動換檔，且讀數降一位。靠近另一極，磁場計讀數小於 $V_0 = 2.515$ ，電表不會自動換檔，且讀數不會降一位，數據較精確。



(b) 描繪數據點 $B_z(z) - z$:



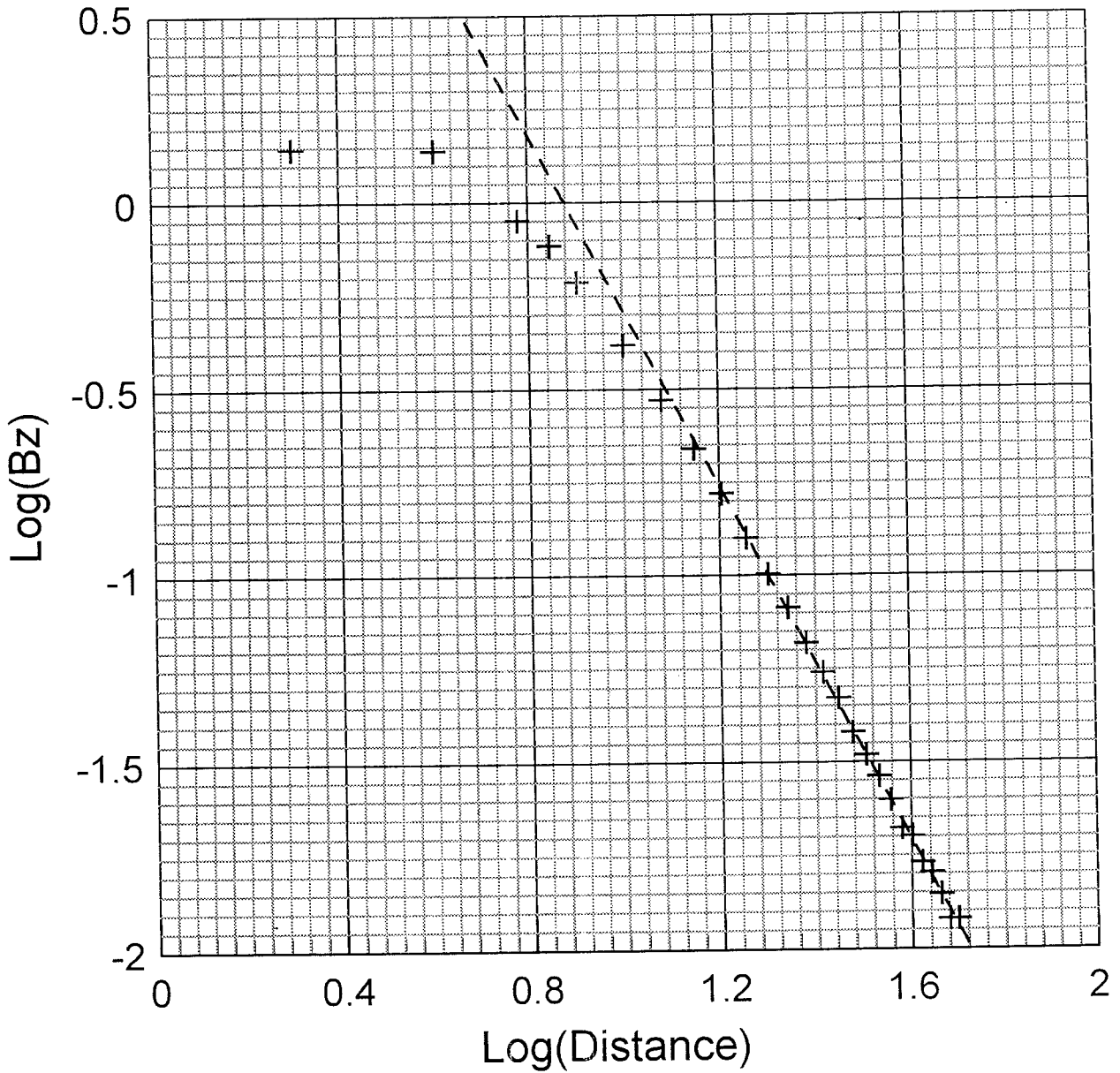
(五)分析實驗數據，判斷哪一部分符合 $B_z(z) \propto \frac{1}{z^p}$ 的描述，並求 p 值。

範圍 distance > 16mm

p = 2.35

數據分析繪圖

$$Y = -2.36 * X + 2.07$$



拾、物理科決賽成績統計表

一、成績統計表.....	48
二、筆試一得分統計表.....	49
三、筆試二得分統計表.....	50

一、成績統計表(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
100	94	112	92	398	一等獎
78	87	106	82	353	一等獎
79	75	115	81	350	一等獎
62	75	127	78	342	二等獎
49	94	117	81	341	二等獎
77	72	108	76	333	二等獎
42	83	124	74	323	二等獎
64	70	101	83	318	二等獎
65	57	104	82	308	二等獎
70	59	96	78	303	二等獎
51	70	87	72	280	三等獎
18	60	123	75	276	三等獎
51	65	79	74	269	三等獎
49	52	89	76	266	三等獎
48	65	70	72	255	三等獎
38	90	56	71	255	三等獎
37	66	75	74	252	三等獎
49	43	83	77	252	三等獎
38	69	70	71	248	三等獎
30	82	59	74	245	三等獎
36	40	82	80	238	參加証
27	70	64	76	237	參加証
37	66	50	84	237	參加証
42	53	53	85	233	參加証
40	60	57	72	229	參加証
42	46	60	78	226	參加証
35	23	80	83	221	參加証
33	70	33	82	218	參加証
25	64	39	82	210	參加証
20	42	68	80	210	參加証
45	28	60	74	207	參加証
38	54	38	76	206	參加証
14	14	102	74	204	參加証
12	36	66	79	193	參加証
36	31	38	84	189	參加証
34	30	37	87	188	參加証
29	19	54	81	183	參加証
18	12	67	84	181	參加証
5	35	50	82	172	參加証
12	21	53	82	168	參加証
11	21	45	90	167	參加証
17	20	41	86	164	參加証
16	23	34	83	156	參加証
13	31	30	75	149	參加証
11	10	19	78	118	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
6	9	23	13	24	25	100
10	8	3	23	10	25	79
12	18	0	23	0	25	78
7	0	25	24	19	2	77
5	10	10	23	2	20	70
20	0	23	22	0	0	65
10	7	21	14	2	10	64
7	0	7	23	0	25	62
6	4	0	25	16	0	51
2	15	5	23	4	2	51
5	1	17	21	5	0	49
2	12	13	22	0	0	49
1	14	5	23	6	0	49
6	3	0	18	16	5	48
5	12	0	13	0	15	45
4	10	0	12	1	15	42
1	4	5	23	4	5	42
6	3	5	23	0	5	42
10	3	5	22	0	0	40
6	3	2	25	0	2	38
7	2	0	23	1	5	38
5	10	0	23	0	0	38
6	1	5	4	11	10	37
1	0	5	22	9	0	37
5	7	2	20	0	2	36
6	1	0	23	1	5	36
2	8	0	24	1	0	35
1	0	0	11	4	18	34
2	0	5	20	6	0	33
9	0	5	13	3	0	30
2	4	0	23	0	0	29
8	3	0	16	0	0	27
6	0	2	12	5	0	25
6	0	0	13	1	0	20
3	2	0	3	0	10	18
2	0	5	11	0	0	18
2	0	0	3	2	10	17
3	0	0	8	0	5	16
6	0	0	2	6	0	14
5	5	0	1	0	2	13
2	3	0	1	4	2	12
7	2	0	2	1	0	12
5	4	0	0	0	2	11
6	2	0	3	0	0	11
5	0	0	0	0	0	5

總得分數	243	190	198	696	164	252	1743
得分率	22%	17%	18%	62%	15%	22%	26%
滿分	25	25	25	25	25	25	150
試題內容	質點	質點	剛體	剛體	電學	電學	

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
16	25	25	0	23	5	94
25	17	15	22	15	0	94
25	25	10	22	8	0	90
16	12	25	17	15	2	87
25	17	10	14	12	5	83
10	25	15	17	15	0	82
10	13	5	22	15	10	75
11	25	18	16	3	2	75
17	17	20	6	10	2	72
11	17	18	8	15	1	70
16	25	10	17	0	2	70
5	10	20	17	18	0	70
25	25	5	0	15	0	70
25	17	13	8	5	1	69
5	19	25	14	3	0	66
5	25	10	20	4	2	66
3	17	25	0	15	5	65
9	20	18	0	18	0	65
25	17	10	0	10	2	64
25	12	17	0	5	1	60
25	17	10	3	5	0	60
11	12	13	17	4	2	59
25	17	13	0	0	2	57
0	10	10	14	20	0	54
25	17	0	11	0	0	53
5	5	15	20	7	0	52
15	16	3	0	12	0	46
5	2	10	3	18	5	43
17	15	10	0	0	0	42
0	25	15	0	0	0	40
11	25	0	0	0	0	36
25	0	10	0	0	0	35
3	5	8	0	15	0	31
5	5	0	17	2	2	31
0	5	15	0	10	0	30
11	17	0	0	0	0	28
11	0	3	0	4	5	23
0	0	10	8	5	0	23
5	12	0	0	4	0	21
8	0	13	0	0	0	21
0	0	10	0	10	0	20
10	0	5	0	2	2	19
0	0	0	14	0	0	14
5	5	0	0	2	0	12
0	0	3	0	7	0	10

總得分數	531	590	490	327	351	58	2347
得分率	47.20%	52.44%	43.56%	29.07%	31.20%	5.16%	34.77%
滿分	25	25	25	25	25	25	150
試題內容	流體	波動	熱學	熱學	光學	光學	

拾壹、九十七學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽得獎名單

報名序號	姓名	就讀學校	指導老師	獎項
970108	陳昱安	臺北市立建國高級中學	高君陶	一等獎
970109	陳世勳	臺北市立建國高級中學	劉怡君	一等獎
970230	許乃倫	國立臺南第一高級中學	何俊昌	一等獎
970205	李承諭	私立南山高級中學	張永隆	二等獎
970103	伍庭暉	國立臺灣師範大學附屬高級中學	陳忠城	二等獎
970216	陳曉邑	國立臺中第一高級中學	徐健倫	二等獎
970107	許倫愷	臺北市立建國高級中學	李重賢	二等獎
970101	蔡景州	國立臺灣師範大學附屬高級中學	王存雄	二等獎
970102	謝豐澤	國立臺灣師範大學附屬高級中學	王存雄	二等獎
970304	張迪凱	高雄市立高雄高級中學	曾柏文	二等獎
970106	林浩存	臺北市立建國高級中學	朱正明	三等獎
970231	詹雨謙	國立臺南第一高級中學	羅焜哲	三等獎
970212	王翔生	國立新竹高級中學	何英敏	三等獎
970222	趙芳譽	國立嘉義女子高級中學	莊立山	三等獎
970217	蔡曜宏	國立臺中第一高級中學	林宗徽	三等獎
970302	李思宇	高雄市立高雄高級中學	陳昌宏	三等獎
970224	盧照文	國立嘉義高級中學	潘文成	三等獎
970221	林育惠	國立嘉義女子高級中學	莊立山	三等獎
970223	黃堅泰	國立嘉義高級中學	李文堂	三等獎
970215	林格至	國立臺中第一高級中學	吳錫玠	三等獎

拾貳、九十七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：11人 滿意：26人 普通：8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：6人 滿意：26人 普通：10人
不滿意：3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：

- 非常滿意：9人 滿意：17人 普通：13人
不滿意：4人 非常不滿意：2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：21人 滿意：21人 普通：3人
不滿意：0人 非常不滿意：0人

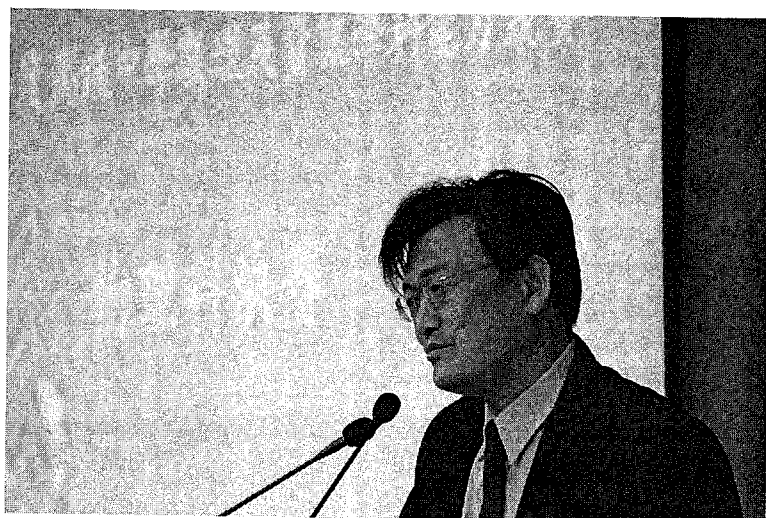
五、請問你(妳)對這次競賽食宿安排的滿意度為：

- 非常滿意：11人 滿意：36人 普通：7人
不滿意：1人 非常不滿意：0人

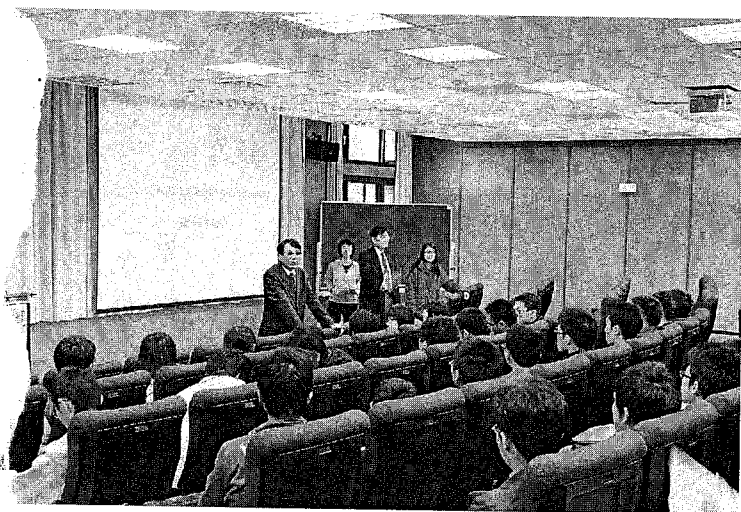
參、活動照片



教育部中教司司長 蘇德祥



國立台灣師範大學物理系系主任 賈至達教授



開幕式（一）



開幕式（二）



開幕式（三）



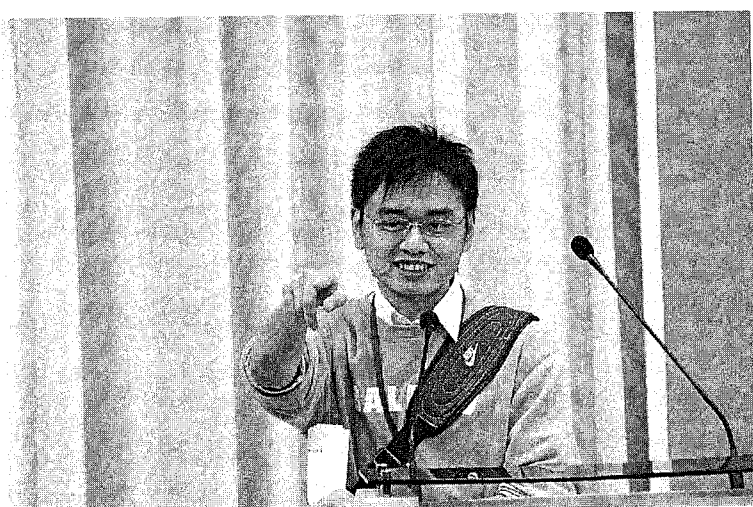
開幕式（四）



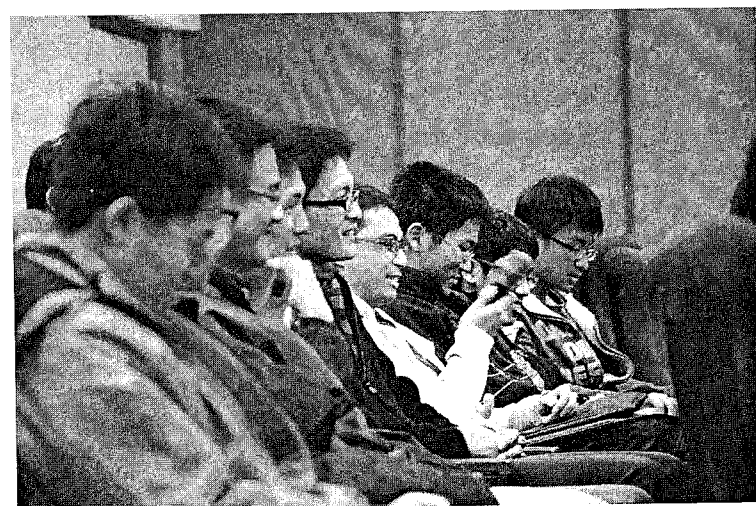
輔導員-陳曉琪



輔導員-徐創涵



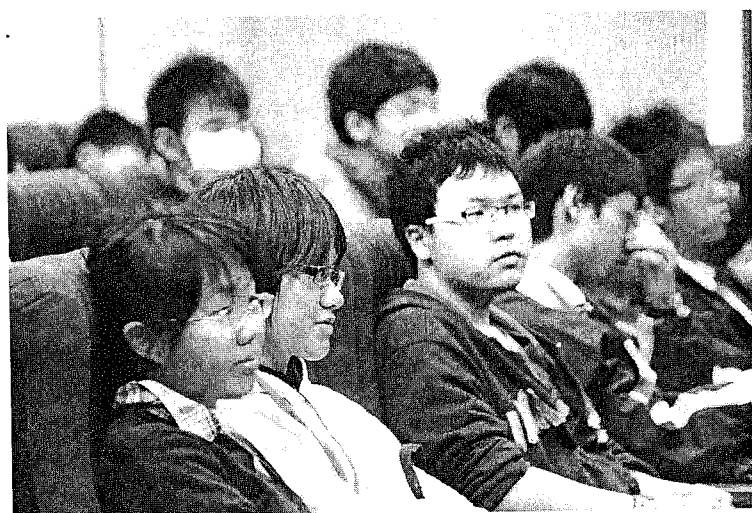
輔導員-陳建宇



物理簡介(一)



物理簡介(二)



物理簡介(三)



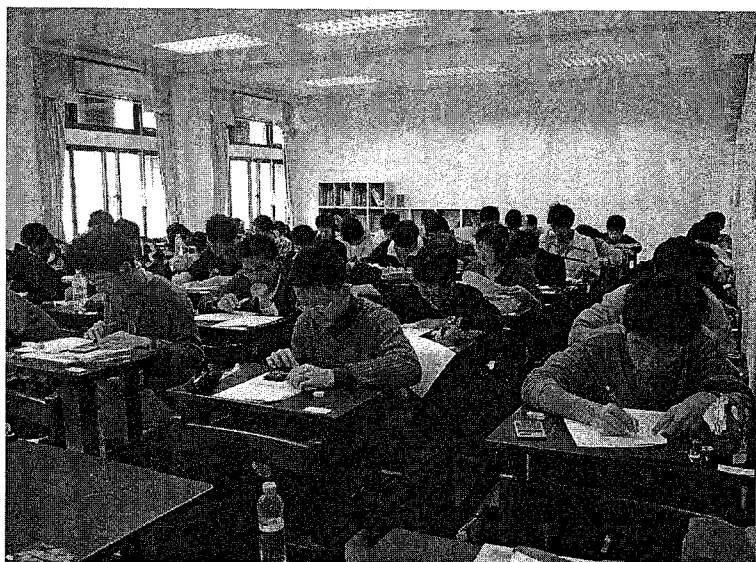
物理簡介（四）



物理簡介（五）



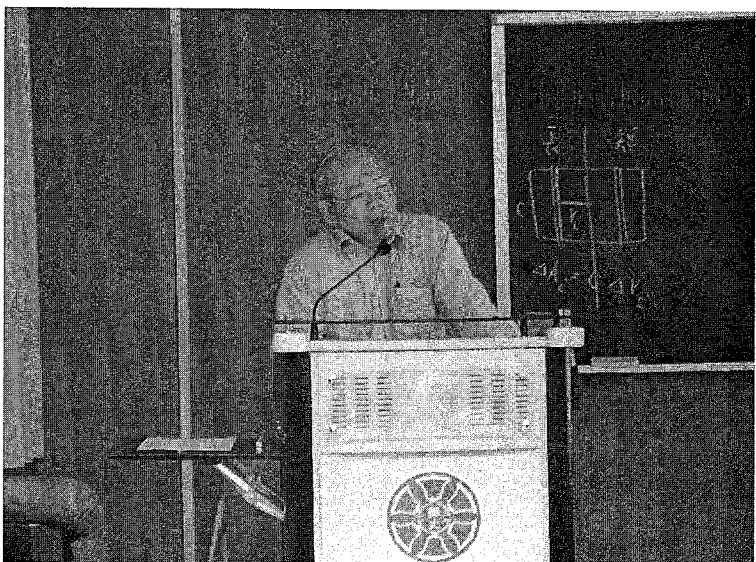
筆試（一）



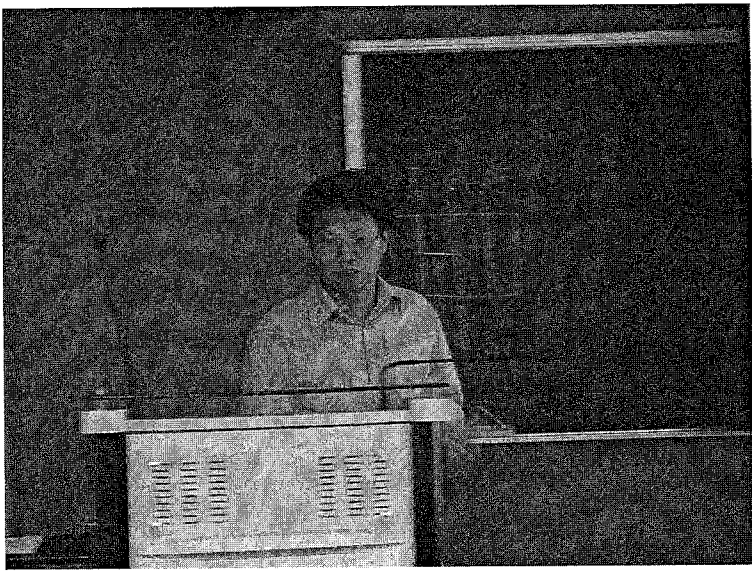
筆試（二）



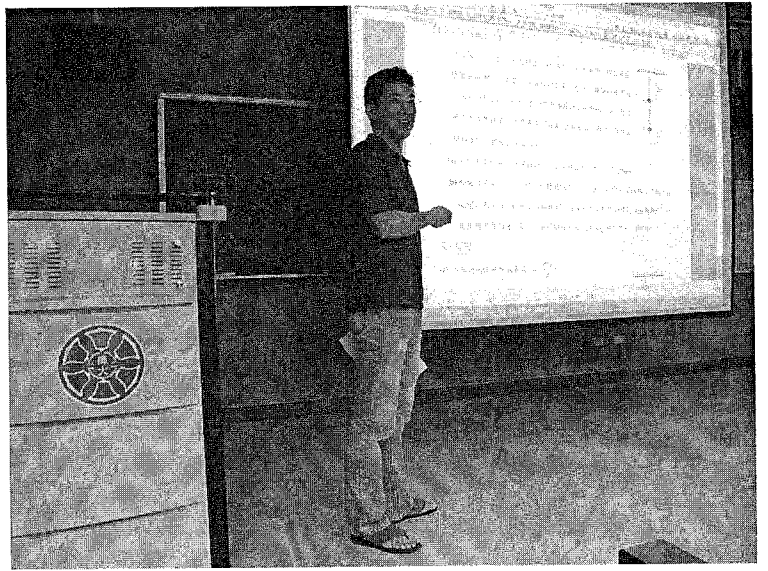
試題講解-傅祖怡教授



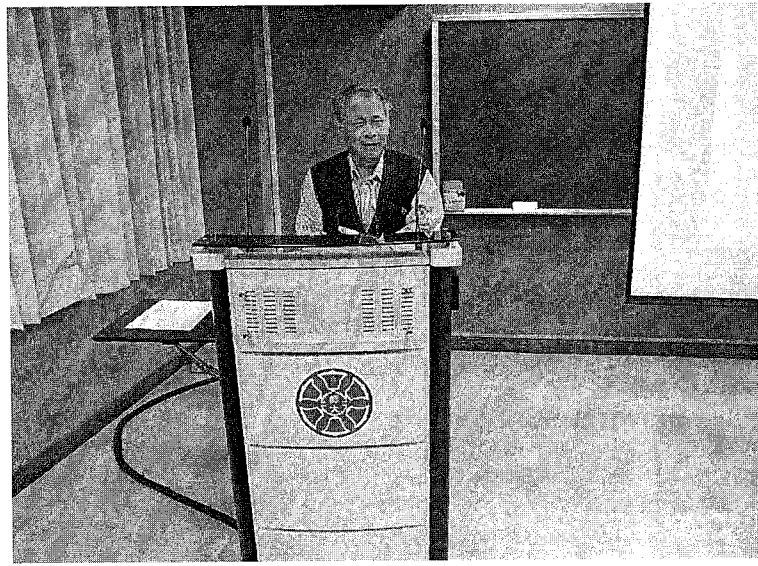
試題講解-林明瑞教授



試題講解-林文欽教授



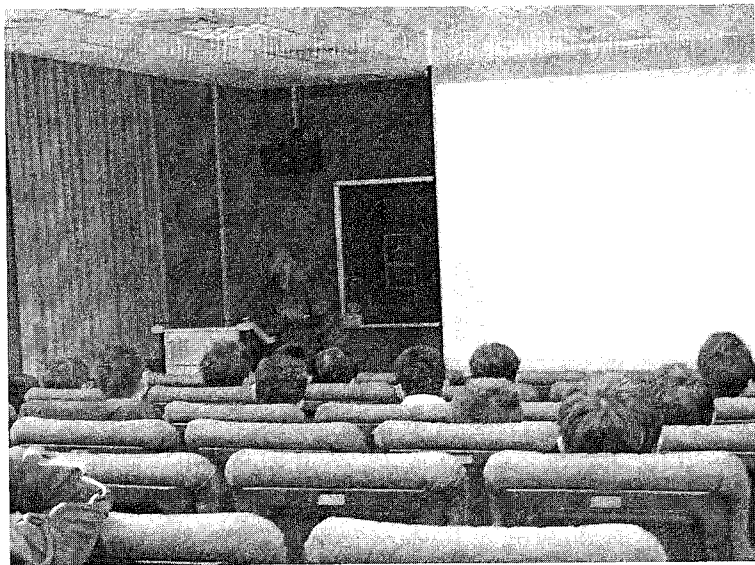
試題講解-吳俊輝教授



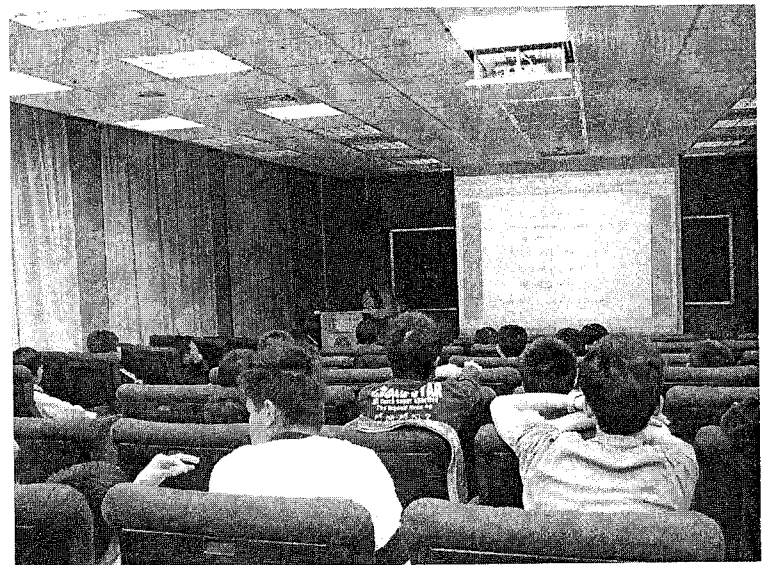
試題講解-蔡尚芳教授



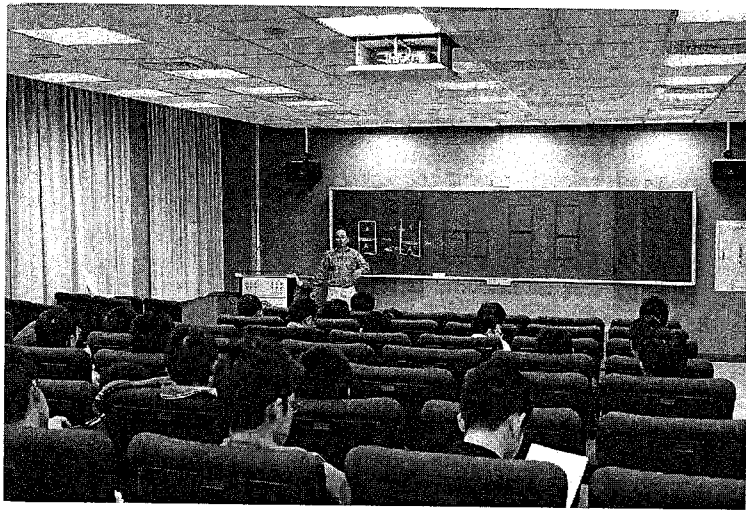
試題講解-劉祥麟教授



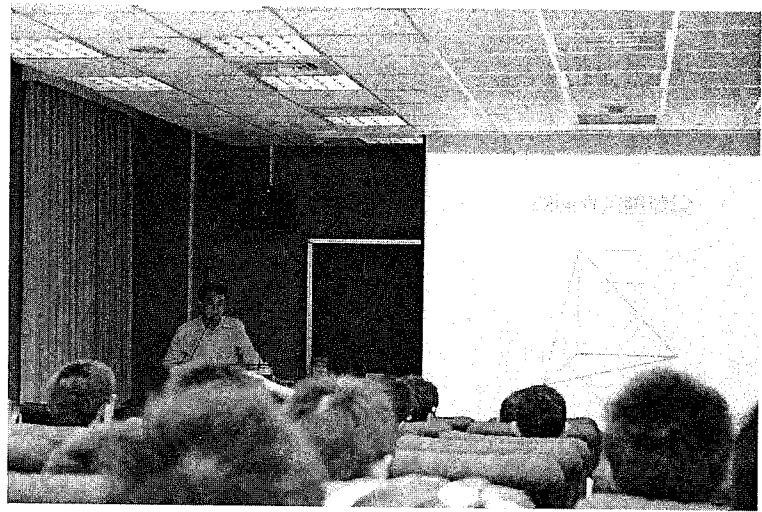
試題講解-吳仲卿教授



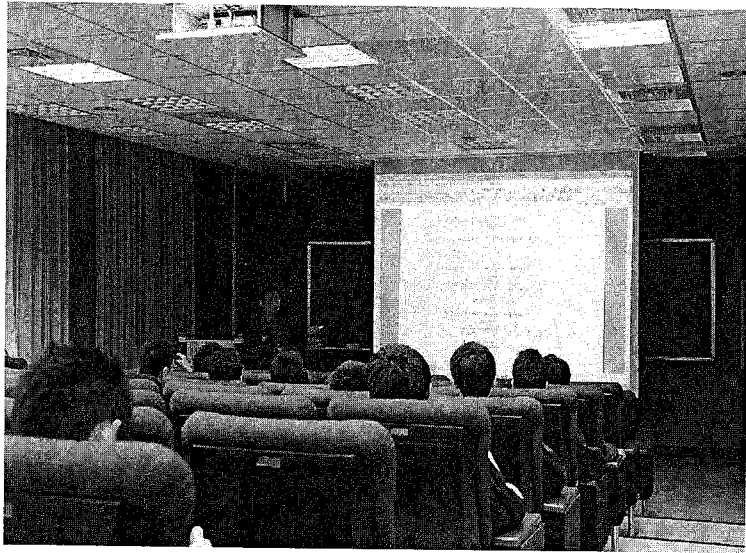
試題講解-洪連輝教授



試題講解-陳俊霖教授



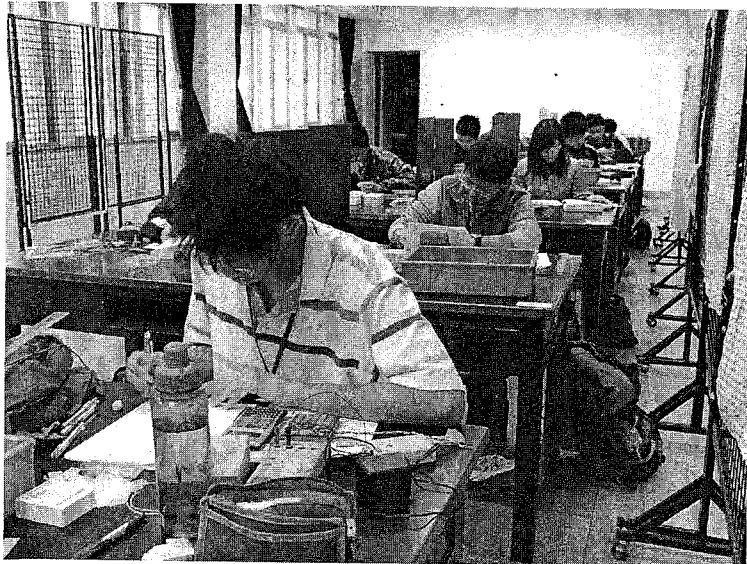
試題講解-何明宗教授



試題講解-朱仲夏教授



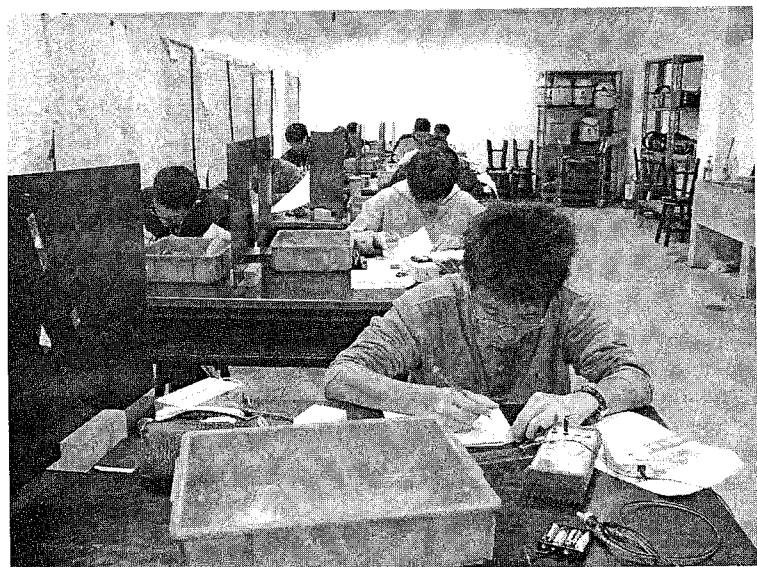
實驗競試(一)



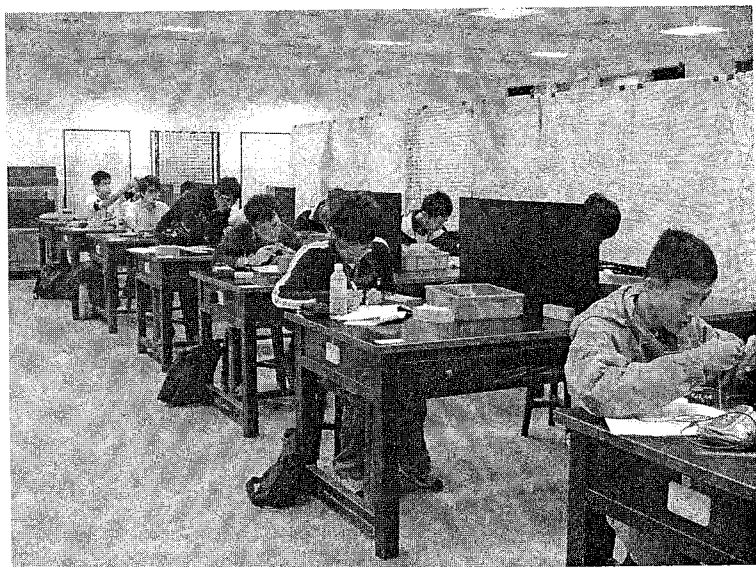
實驗競試(二)



實驗競試(三)



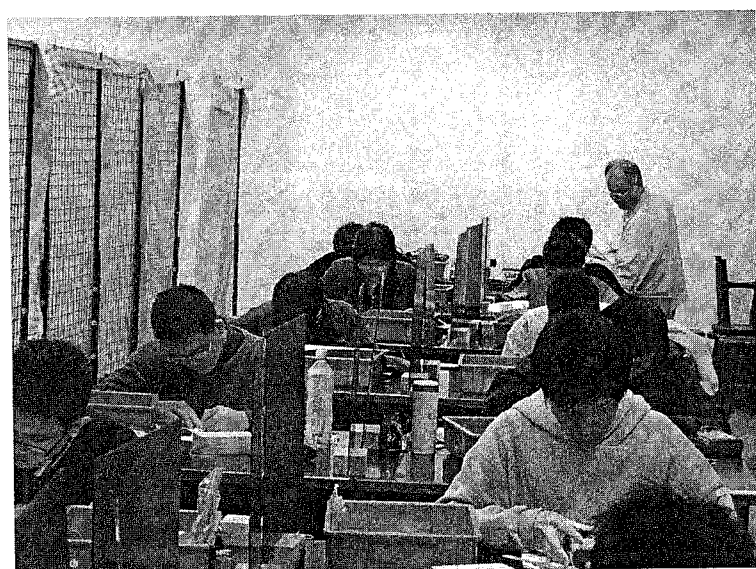
實驗競試 (四)



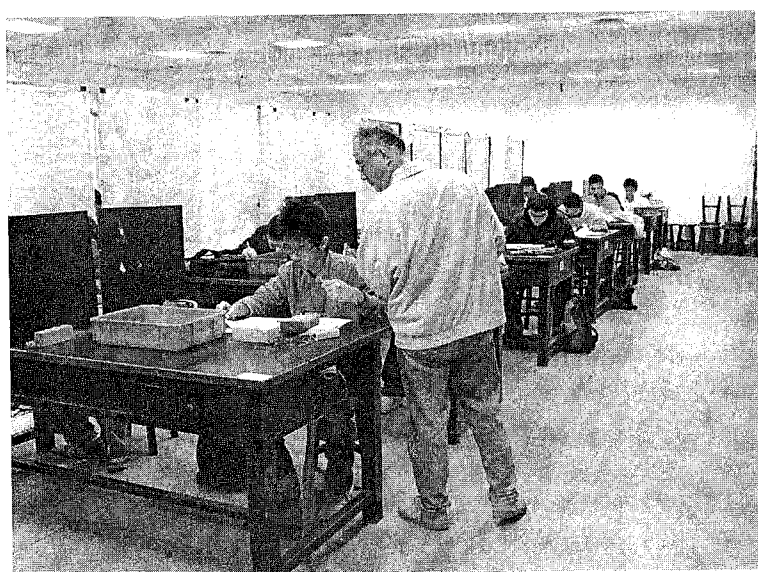
實驗競試 (五)



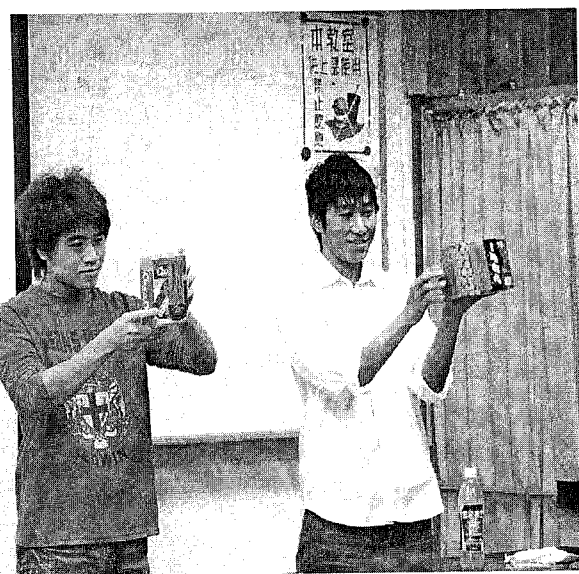
實驗競試 (六)



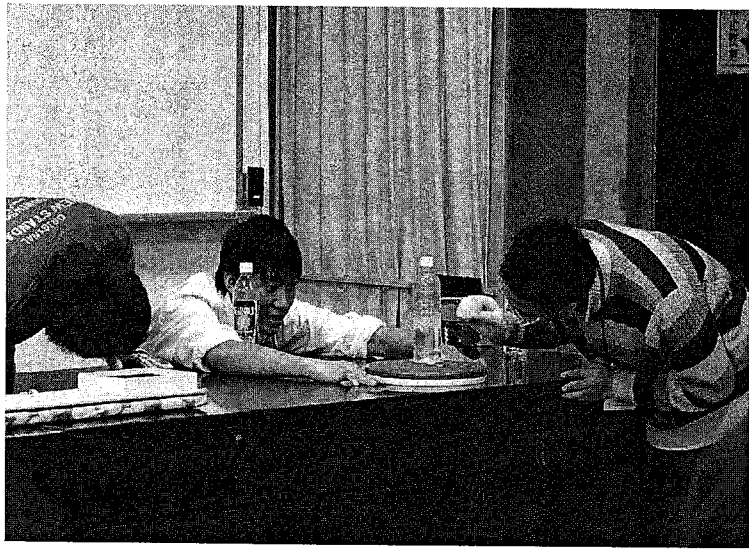
實驗競試 (七)



實驗競試 (八)



物理活動 (一)



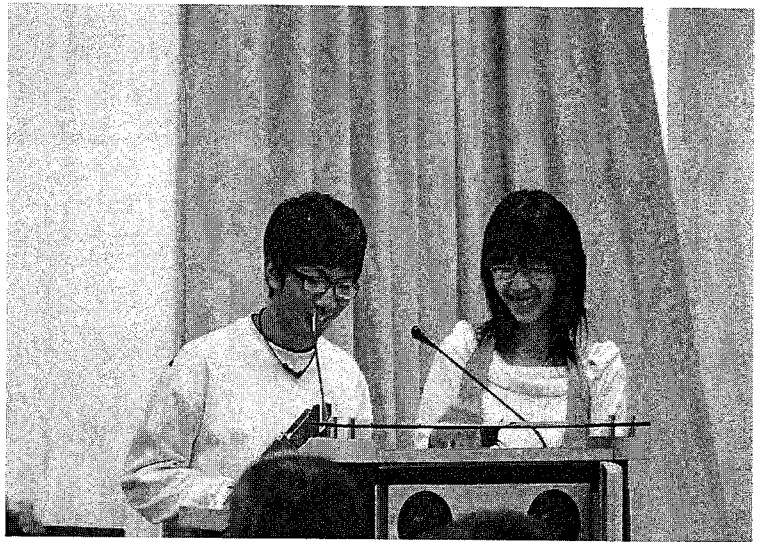
物理活動（二）



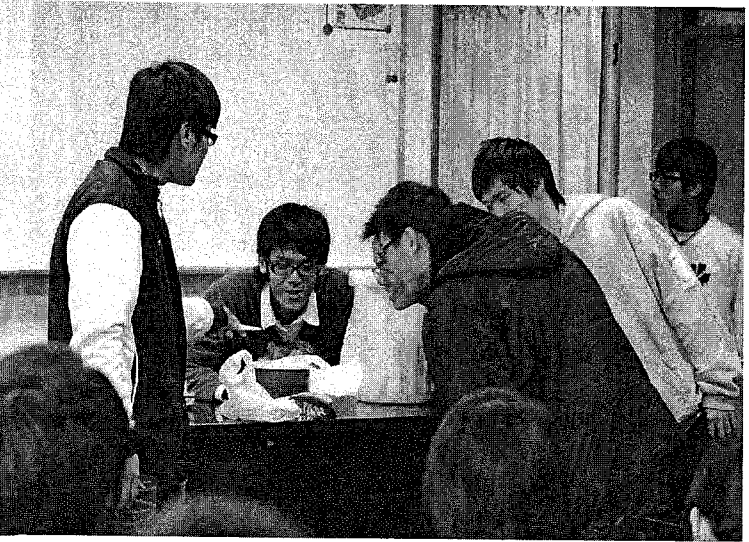
物理活動（三）



物理活動（四）



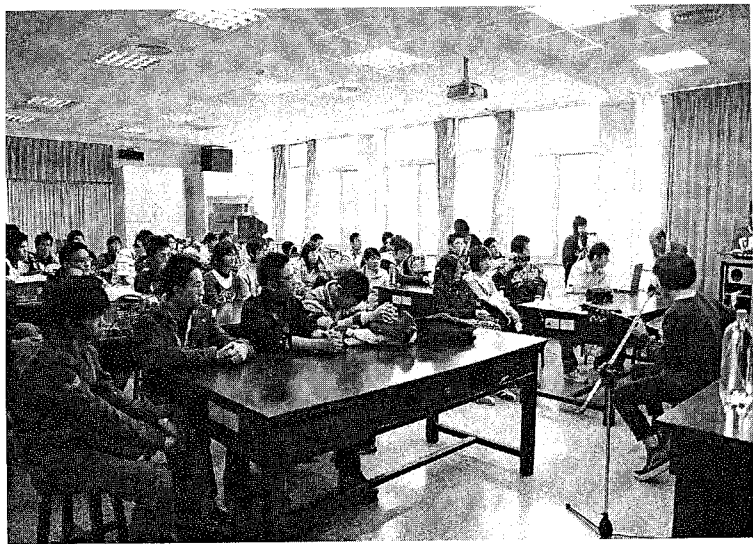
物理活動（五）



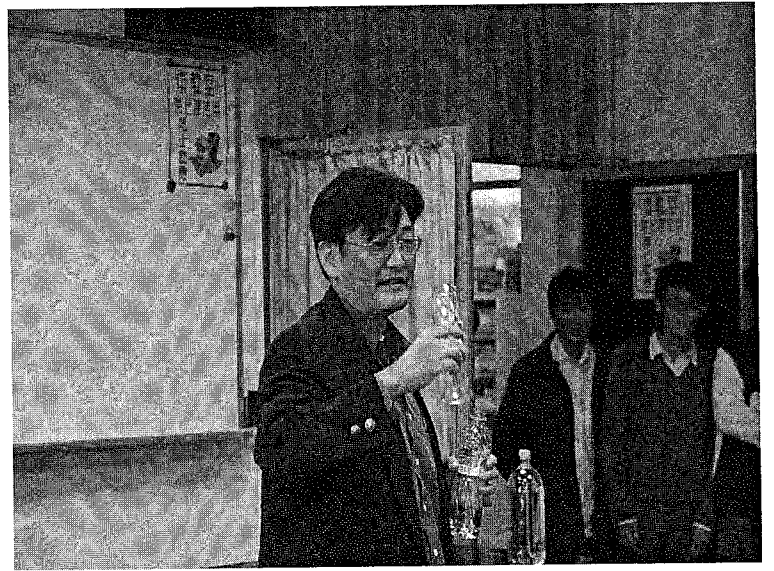
物理活動（六）



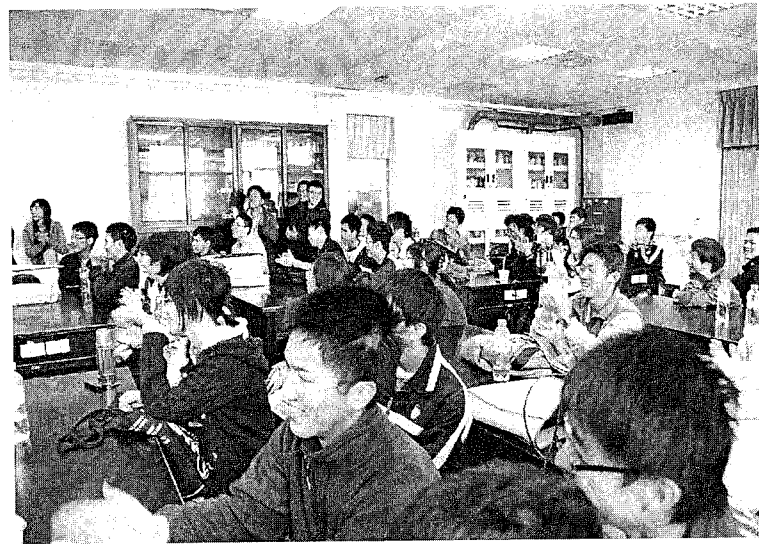
物理活動（七）



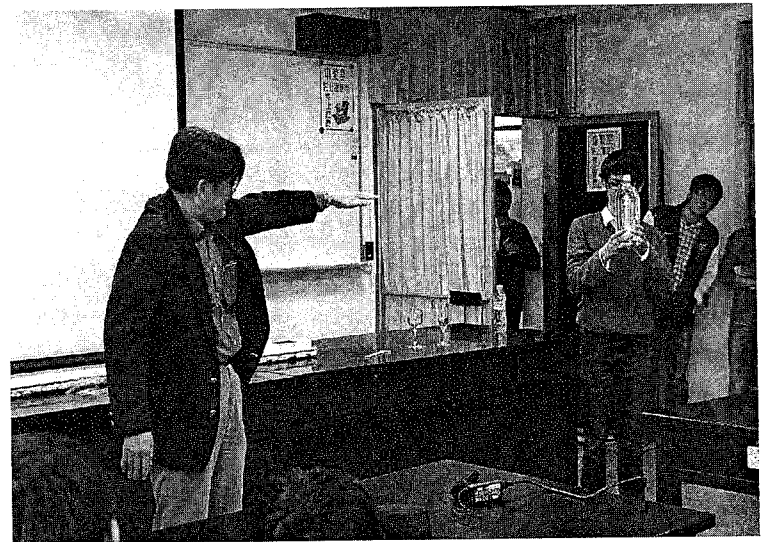
物理活動（八）



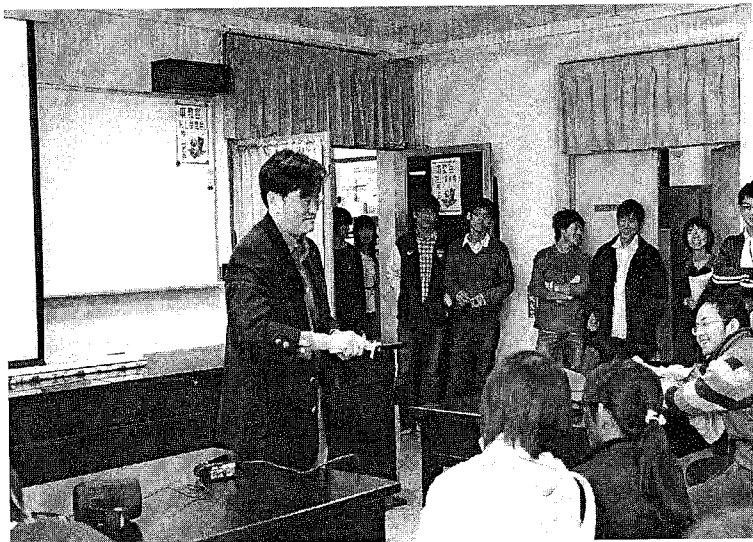
物理活動（九）



物理活動（十）



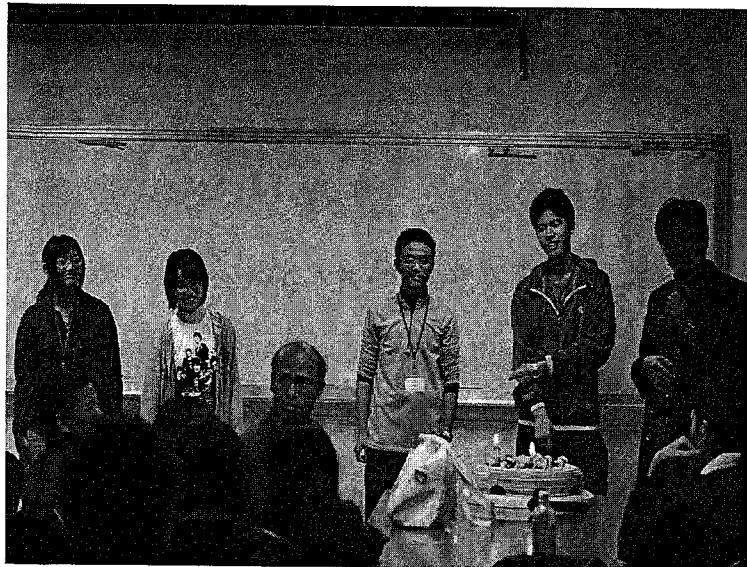
物理活動（十一）



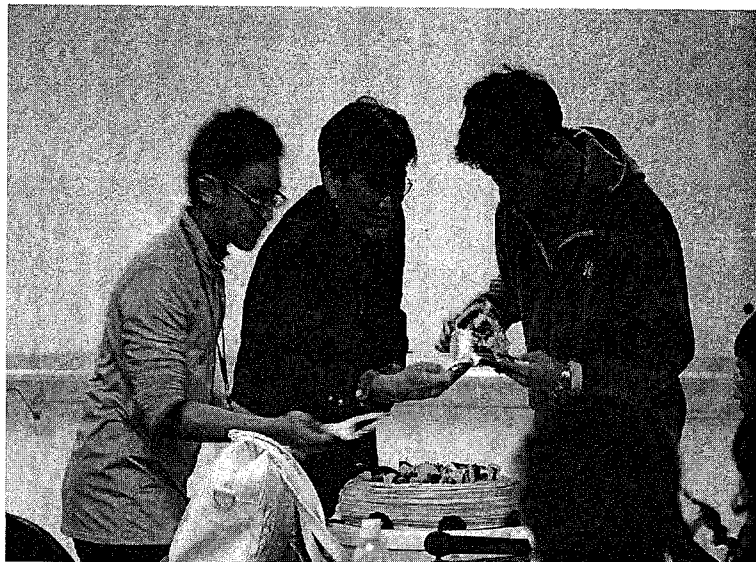
物理活動（十二）



物理活動（十三）



慶生活動（一）



慶生活動（二）



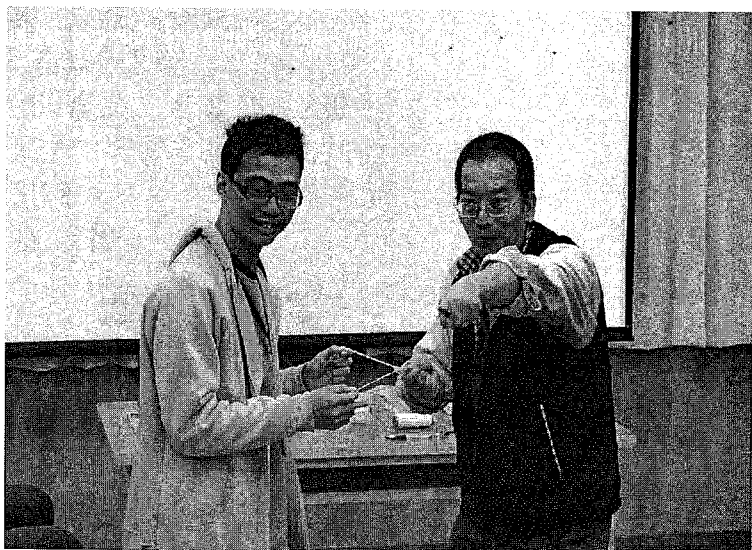
慶生活動（三）



專題演講（一）



專題演講（二）



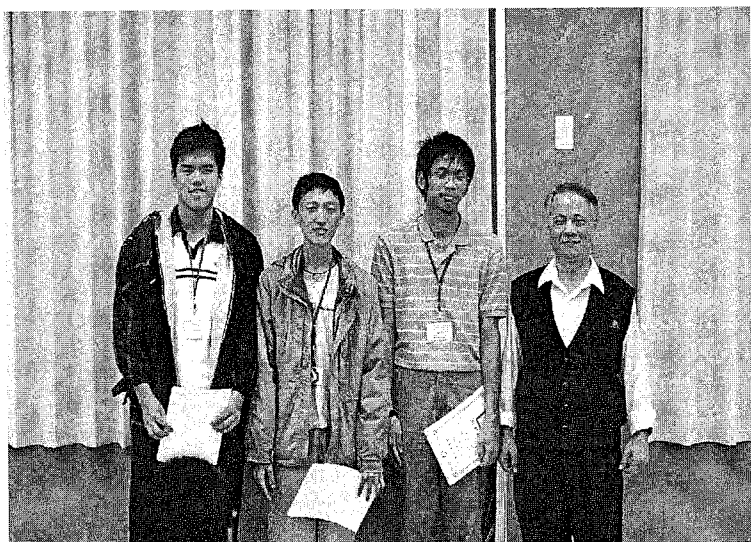
專題演講（三）-主講人東吳大學周建和教授



閉幕式（一）



閉幕式（二）



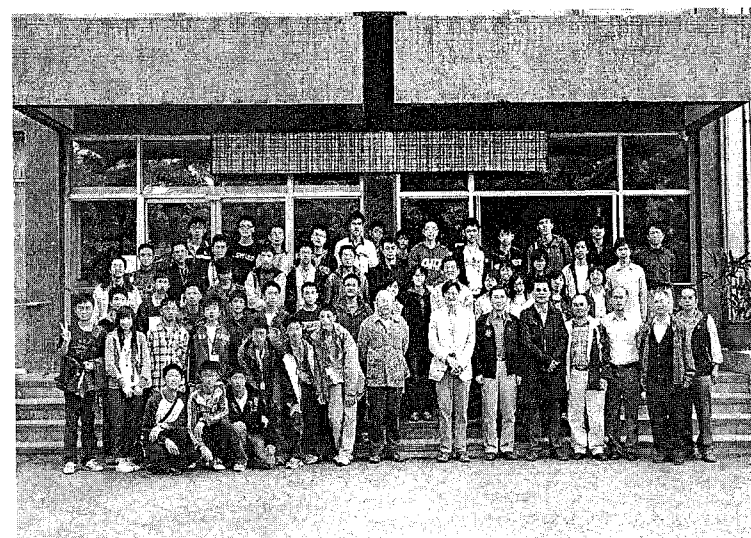
頒獎人與獲獎人合影--一等獎



頒獎人與獲獎人合影--二等獎



頒獎人與獲獎人合影--三等獎



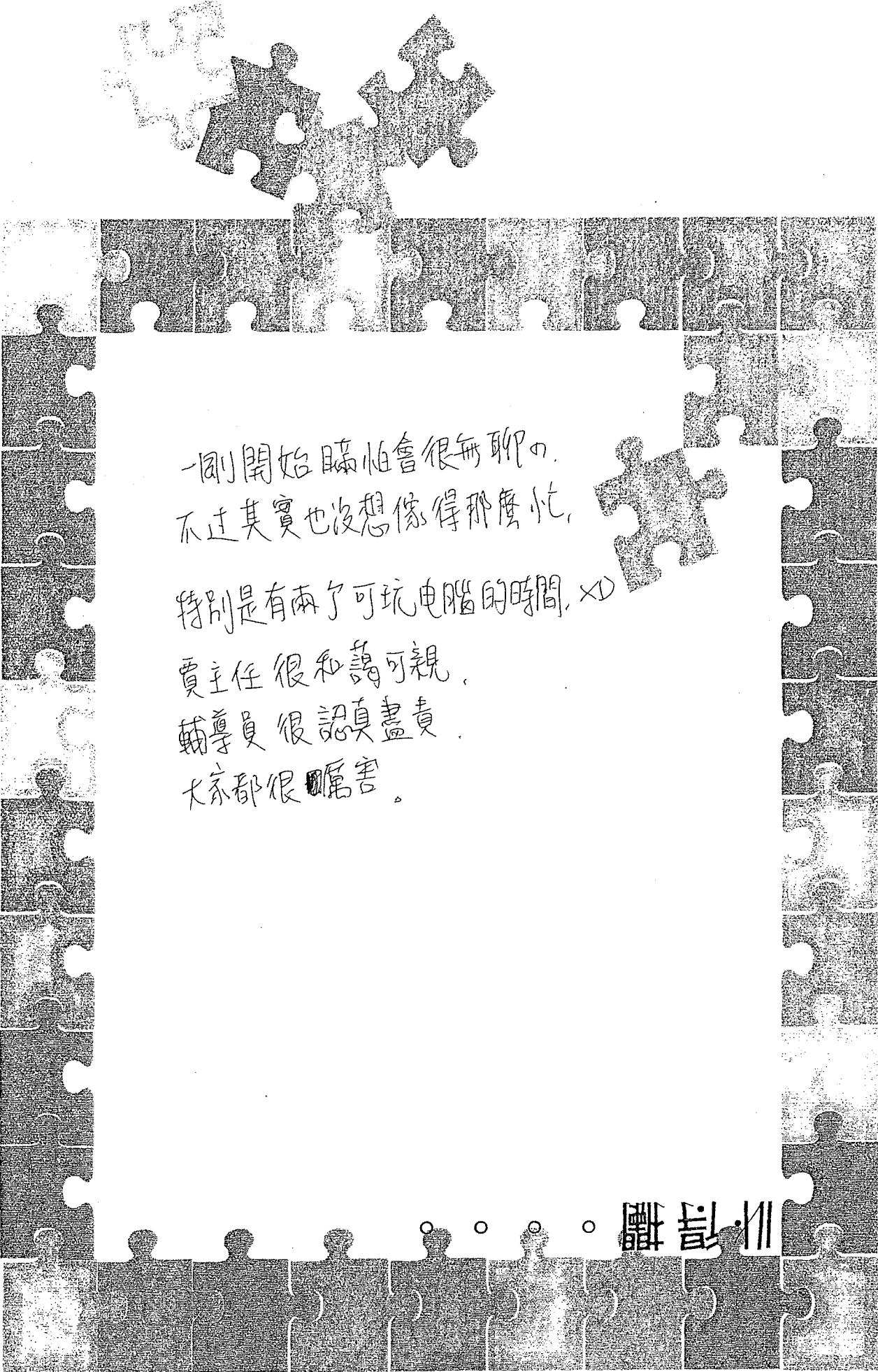
全體合影

心得攔 ○ ○ ○ ○

這三天過得愉快充實，也增廣了許多見聞，也看到了許多真正的高手。雖然不一定會得獎，但有機會出來與全國的物理好手切磋~~的經驗~~，我已感到心滿意足。最後，感謝輔導員、~~教授~~熱心的服務和各位教授細心的指導。

心得攔

在這次的比賽中我學到使用更嚴謹的態度去面對身邊的事物，但是因為微積分是高三下的課程，所以許多題目會變得很複雜，甚至無法作答，應該將物理會使用的微積分放在高二的數學中，因為前幾志願的學校訓練選手時都會教微積分，會導致其他學校的學生完全無法贏過前幾志願，可能會降低國手的真正實力。



一剛開始瞞怕會很無聊的。
不过其實也沒想像得那麼忙，
特別是有兩個可玩電腦的時間，XD

賈主任很和藹可親，
輔導員很認真盡責，
大家都很厲害。

離別·III

心得攔。。

這次行程真是個永生難忘的回憶，讓我們不僅見識了大學的全貌，大開眼界，還可以一睹教授風采，接受智慧之光的洗禮。總而言之，我對這次行程各方面都相當滿意，雖然可能沒機會再來，不過我這次真的是滿載而歸。

心得攔 ○ ○ ○ ○

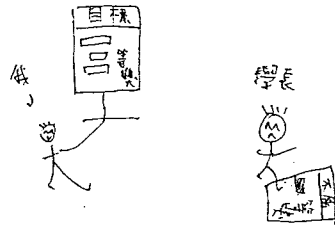
這裡的人都好強 >>
本來希望可以輕鬆得獎
現在有三等獎,就要去美國玩一週了!?

這裡的輔導員都滿好的,
希望明年還能再見!

教授學問超淵博的 ~
口試時被林明瑞教授問到

結果

可想而知!



2008.12.20

心得攔

很高興有榮幸能夠參加這次的活動，使我的視野更廣，能夠好好體會物理的奧秘。雖然，我物理懂得不別人多，不比別人強，但是，經過這次競賽，我發現我對物理的熱忱不輸別人。透過這次活動，我學得許多新穎的事物，和來自各地的同學切磋、相處，留下了深刻的印象，培養對物理的興趣。很高興能夠參加這次競賽，真的使我受益匪淺。

心得攔。。。。

時程表太趕了，而且題目太難了。這樣是圖利那些天才！應該要規定太聰明的人不能來考，才能保護弱勢族群，不過隊輔人都很好！

我覺得應該要取消門禁，難得來台北，應該要好好的給我們逛才對。口試每個教授問題不同，有些組簡單，有些組難，不知這樣是否會牽涉公平性？

心得攔

很長。

每天六點起床。

每天考試上機和上課考試。

很苦悶。

第一次用可變電阻。

第一次操作示波器。

第一次和教授坐在同一張桌子旁聊天。

謝謝三位輔導員三天來的陪伴。

辛苦你們了。

以得攔。。。。

物理題目真得可以出到
很和車的目。

講水滴位能的那位
教授超酷的，眼神
犀利，著學生都不用看電腦
螢幕，講道~~理~~理超順，功夫
一流，所向披靡，可~~出~~出
來當第二個「吳大曲」。

心得攔 ○ ○ ○ ○

「一趟充實的知性之旅……」

這次的能力競賽著實遠超乎自己的預期。在辛勞的工作人員所營造的氛圍下，滿懷著溫馨與歡笑的我們即將帶著滿滿的收穫和感動踏上歸途（哈，不過似乎「唯一帶不回家的就是獎金吧 ><」）……

「謝，你們囉 ^^ ~」

—— LKC

休得攔。。。。

唉呀！身為高三的老人，大概
是最後一次機會來了，但是

卻沒好好把握好，比賽太緊張，
感覺實力沒完全發揮，十分可惜！

不過看到一些有趣的題目遇到
很多各地強大對手，互相切磋
琢磨也挺有趣的！

Dec 1

心得攔

雖然我物理不怎麼樣，不過很高興能夠有機會來這裡見識高手，開闊視野。俗話說：「從筆試、實驗、口試中，也提昇自己能力，鞋櫃裡的鞋子全部左右倒過來放。」多一分特別的經歷，經過宜人的試題講解之後，印度式的知識天降霖般的注入腦中，觀念更加清楚，學到很多的東西。教授尤其仔細，有一點又不那壯碩的名師演講。希望以後能夠有機會遇到名教授們，也感謝輔導員這三天的辛勤爆米，讓我有個美好回憶。

物理物理

何嘗不是最甜美的折磨
最甘痛的歡欣

by 明年再來吧！
印斯

休得攔。

反正，就是題難於比後覺忘很多，
所謂的三等獎從「試試看」成了夢想。

——
從試題裡面可以學到很多東西，
只是大家都是很想睡的樣子。

所以呢，就是放了三天假，不過一想到明天
後要回
去上課就
感
覺很厭煩。

P.S. 台北一連三天大好天氣，

聽說平常很冷就是了。

心得攔。。

比賽雖然很殘酷
但學到了很多東西
感覺很充實

教授、助教和藹可親
這三天是非常的溫馨

心得攔 ○ ○ ○ ○

— 這是我第一次參加全國賽 —
然賽起之漸，吾初驚於筆試一，
以為全局皆輸矣。又見諸方神手
齊聚一堂，彼此切磋之景，予頗有
所感，於是「為此文焉」。

伍庭暉 12/20

心得攔 ○ ○ ○ ○

希望我的願望能實現！

心得攔

對高三的我來說，在學測快接連的時候，要花三天的時間來台北，一開始還考慮要不要來，但是因為可以和全國的物理高手一起玩技，一起學習，是決定要來的主要原因，雖然考試過程中，很艱辛也很令人感到挫折，但是也學到很多，看到各地區的高手，眼界也變得更寬闊，另外，三天的時間很快樂，也很充實。

心得攔

唉！從沒參加過如此辛苦的活動，每天 6:00 就要起床，晚上要聽講解到 9:00 多，外加中間要燒腦筋五小時，真是累人。況且，在離學測 30 天時，來參加這活動，別有一番滋味在心頭～不過，我仍覺得收穫良多。

休得攔。。。。

考試內容千變萬化 充滿挫折感!!
不過這才了解到自己的無知與不足!!

我對物理有了新的認識。=>
就是說，研究物理，不但要有清楚的
頭腦，還要有心思思考慎密的思考，更要
有面對困難的精神。

給我上了一定震悍教育。
我還要再加油!

心得攔

1. 台北好像不太冷
2. 床很舒服，可是睡覺時間不多
3. 高手看起來都很白目，
看起來白目的也許就是高手？！
4. 輔導員很可愛 → 妙人
5. 賺到好多天的公假
由衷的感謝這次競賽的舉辦！
6. 風景也頗充實，雖然會的還是會，
不會的還是不會，可是最算好玩也
不太熱回去... → 模擬考 no~
7. 補充：台北的交通工具都好兇猛

心得攔

- 第一天 沉重如石
第二天 輕快如風
第三天 —— 絢爛如火！

心得攔 ○ ○ ○ ○

大家都是強者○

105怎麼沒區分○

心得攔 ○ ○ ○ ○

遇到很多來自全國的物理高手呢，

而且大家都好喜歡物理(開心)

聽著大家熱烈辯論，提出各式各樣的看法與點子

真的很有趣!!

P.S 輔導員人很好然後輔導員姊姊很可愛vv

↑
會說神奇的語彙(?)

心得攔。。

這三天的物理之旅不但使我釐清許多物理觀念，增進了我的解題技巧；同時，我也見識到了高手的風範。這次的競賽使我更加了解自己的目標。今後，我會繼續努力充實自己的實力，明年再來！

心得攔。。

我覺得這次的活動很好，東西吃得也不錯，行程也不會說很趕，只是講解時，沒有題目在手比較不好進~~入~~~~狀~~~~況~~。口試時教授~~總~~蠻好的，比較不緊張。

心得攔。。。。

活動安排的不錯，很有趣，除了
考試之外。

心得攔。。。。

大家更強了！

長江後浪推前浪，

（雖然我不是前浪

但因為我還是太弱了！

心得攔 ○ ○ ○ ○

教授見解精辟

令我茅塞頓開

— 魏大師語錄 —

心得攔 ○ ○ ○ ○

⇒ 很開心，能夠有這了機會，
能夠來到這裡，學到了很多東西!!
也辛苦了各位大大 ⇒ Thank you♡

心得攔

到這裡，見識到了很多實力深厚的人，除了佩服還是佩服。

聖誕快樂

心得攔

感覺主辦單位，很體諒我們的環境，都有考慮到我們的感受，這點頗溫馨。

第二場筆試的第四題講解，到最後還是不太清楚教授所表達的。

心得攔 ○ ○ ○ ○

輔導員人很好，教授人很好，一切安排也很好，是題目出得好，同學的進度很好，唯一不好的只有——我的物理。

心得攔 ○ ○ ○ ○

教授見解獨到

心得攔 ○ ○ ○ ○

三天很快就過了.....

很多人，很多的打擊.....

教授們都很可愛。

物理系彷彿是一個大家庭。

唉~

還是一次很難得的經驗。

心得攔 ○ ○ ○ ○

從這次的活動中，發現自己在物理上面還有
很多要了解的觀念，以及數學能力還待加強。

咁得攞

感覺很像在參加營隊，只是少了遊戲多了考試。
其他人好厲害啊，好像寫得很順，但我有一大堆不會的。口試倒不像想像中那麼難，回答起來很輕鬆，是最開心的一個考試。

咁得攞

好好玩

咁得攞

好有趣

心得攔。。

這次來參加這比賽，感覺還蠻有趣的。雖然每天都很累，一下就睡著了，但很充實？而且還可以繞課住外面。不過最重的事是學到很多東西，看到有趣的實驗，認識一些朋友，才是最大的收穫吧！

心得攔。。

題目很好玩，很值得去想

咁得攞。。。。

謝謝師大的用心！
物理果然很難～
到底為什麼來呢！？

咁得攞。。。。

大家都好強...
教授見解獨特...

拾伍、總結

九十七學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽，由教育部委託國立臺灣師範大學物理系承辦。由於台灣師範大學物理系已經連續三年承辦相關之業務，故同仁經驗豐富，並於九十七年十二月十八日至廿日的整個三天競賽期間，順利達成教育部委辦的工作，圓滿達成為物理教育選才的工作。

此次競賽全國分為台灣省、台北市和高雄市三區的參與者，報名人數共五十一名，其中有六名學生放棄，而實際報名及參賽人數為四十五名。競賽為期為三天，學生要參加兩場筆試和一場實驗考試。第一場筆試的試題內容包含有：質點力學、剛體轉動和電學等相關物理計算的題目，而第二場筆試試題內容包含有：流體力學、波動、熱學及光學；兩場筆試平均涵蓋高中物理課程中重要的物理概念。實驗競賽同時動用本系二間普通物理實驗室，參賽每人使用一組的實驗器材，並以海報架區隔實驗桌，學生各自有獨立的實驗空間。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 分鐘左右。

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。因今年伙食安排：中餐以餐盒供餐，晚餐則在本校學七舍餐廳用餐，另外每天晚上九點亦供應西式點心與飲料。另於競賽期間，適逢四名參賽學生過生日，特別安排在十二月十九日晚餐時間舉行一場小型的慶生餐會，讓同學們輕鬆一下，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，因此命題工作早在九十七年十月即已展開，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、交大、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，二份筆試和一份實驗題組的試題內容與參考解答請參見本報告第玖項(p.11~46)。

參賽學生於報到時即獲新編號，此一編號以隨機方式由學生自行抽籤取得，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。

十二月廿日上午十一時三十分召開評審會議，十三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陳昱安、陳世勳及國立臺南第一高級中學許乃倫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。

