

111 學年度普通型高級中等學校
數理及資訊學科能力競賽
物理科學科決賽

成果報告

主辦單位：教育部國民及學前教育署

承辦單位：國立高雄師範大學物理學系

中 華 民 國 111 年 12 月

目錄

壹、實施計畫	1
貳、指導委員名單	4
參、評審委員名單	5
肆、助理評審與輔導員名單	6
伍、競賽規則	7
陸、考試場地	8
柒、參賽學生分組名冊	15
捌、決賽試題及參考解	16
玖、成績統計	49
拾、獲獎名次	59
拾壹、參賽心得	60
拾貳、活動照片	69

壹、實施計畫

111 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽 物理科決賽實施計畫

一、依據：教育部 111 年 7 月 19 日臺教國署高字第 1110093040 號函辦理。

二、宗旨：

加強輔導公私立普通型高級中等學校推動物理科教育，以提高學生對物理研究的興趣，激發其思考與創造能力，藉以鼓勵學生與校際間相互觀摩學習，提昇科學教育品質。

三、參加對象及名額：

- (一) 參加對象：全國公私立高級中學各年級學生，經參加國教署、市教育局舉辦之複賽，獲選為優勝者。
- (二) 決賽名額：台北區 10 人、新北區 7 人、中投區 8 人、高雄區 4 人、國教署負責區 22 人，共計 51 人。

四、主辦及承辦單位：

- (一) 主辦單位：教育部國民及學前教育署
- (二) 承辦單位：國立高雄師範大學物理學系

五、競賽日期及地點：

中華民國 111 年 12 月 21 日（週三）至 12 月 23 日（週五）於國立高雄師範大學物理學系舉行（燕巢校區地址：82444 高雄市燕巢區深中路 62 號 高斯大樓）

六、競賽方式及命題範圍：

- (一) 競賽命題範圍：以普通型高級中等學校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。
- (二) 競賽方式：
 - 1. 筆試：共二場，每場二小時。
 - 2. 實驗設計與操作：共一場，每場三小時。
 - 3. 口試：共一場，方式與時間由評審教授協調決定。

七、評審：

- (一) 評審委員：由承辦單位聘請物理學及相關領域專家學者組成命題及評審委員會。
- (二) 競賽評分方式：筆試每場一百五十分為滿分，二場共三百分；實驗設計一場一百五

十分為滿分；口試一百分為滿分。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。

八、獎勵：

(一) 凡參加者均由教育部國民及學前教育署發給參賽證明。

(二) 優勝者由教育部國民及學前教育署發給獎狀及獎學金（獎勵標準如附表）。

附表：普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽物理科決賽績優學生獎學金給獎標準			
獎別	人數	獎金數額（每人）	備註
第一等獎	3 人	新台幣 15,000 元	1. 本項獎學金以學生為發給對象。 2. 在不超過獎學金總金額前提下，得由評審委員會視競賽成績酌予調整得獎人數（或從缺）。
第二等獎	7 人	新台幣 10,000 元	
第三等獎	10 人	新台幣 7,500 元	

(三) 獲得前三等獎學生之指導教師由教育部國民及學前教育署發給獎狀，並由主管教育行政機關酌予敘獎。

(四) 獲第一、二等獎由承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、經費預算：

由承辦單位編列人事費、業務費、獎學金、行政管理費及雜支等各項目費用，業務費各項目間得相互流用。

十、決賽程序表：

111 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽物理科決賽程序表

日期 時間	12 月 21 日 〈星期三〉	日期 時間	12 月 22 日 〈星期四〉	日期 時間	12 月 23 日 〈星期五〉	
07:00-08:00		06:30-07:30	早餐 媚力泊飯店	06:20-07:00	早餐 媚力泊飯店	
08:00-11:00	試題 審查 高斯 201	07:35-08:15	上遊覽車 (前往考場)	07:10-07:50	上遊覽車 (前往考場)	
		08:00-08:30	器材檢視	08:00-11:00	口試 紅組 高斯 204-1 高斯 201 高斯 201-1 藍組 高斯 204-2 高斯 205 高斯 202 綠組 高斯 103-1 高斯 102 高斯 107-1 橘組 高斯 108 高斯 109 高斯 110	
		08:30-11:30	實驗競試 高斯 107 高斯 305			
11:00-13:30	報到 高斯大樓一樓玄關	11:30-12:00	實驗成果檢視	11:00-12:30	專題 演講 高斯 101	評審 會議 高斯 201
		12:00-13:30	午餐 高斯 101	12:30-13:30	午餐 高斯 101	
13:30-14:00	開幕式 高斯 101	13:30-13:40	筆試二預備	13:30-14:30	閉幕式 頒獎 高斯 101	
14:00-14:10	筆試一預備	13:40-15:40	筆試二 高斯 107 高斯 305			
14:10-16:10	筆試一 高斯 107 高斯 305	15:40-16:10	休息			
16:10-18:10	筆試一講解 高斯 101	16:10-18:30	實驗講解 筆試二講解 高斯 101	14:30-18:30	參賽心得交流 高斯 101 賦歸	
18:10-21:00	晚餐(便當) 媚力泊飯店	18:30-21:00	晚餐(便當) 媚力泊飯店			
21:00-	就寢	21:00-	就寢			

十一、本計畫由教育部國民及學前教育署核定後實施。

貳、指導委員名單

指導委員會：4 人

姓 名	職 稱
彭 富 源	教育部國民及學前教育署署長
吳 連 賞	國立高雄師範大學校長
廖 本 煌	國立高雄師範大學副校長
洪 振 方	國立高雄師範大學理學院院長

參、評審委員名單

姓 名	職 稱
柯景元(召集人)	國立高雄師範大學物理學系副教授兼系主任
趙宇強	國立臺灣師範大學物理學系教授
柯宜謀	國立彰化師範大學物理學系副教授兼系主任
周忠憲	國立成功大學物理學系副教授
莊豐權	國立中山大學物理系特聘教授兼系主任
許華書	國立屏東大學應用物理系教授兼研發長
郭榮升	國立高雄師範大學物理學系教授兼國際處處長
黃建文	國立高雄師範大學物理學系教授
任中元	國立高雄師範大學物理學系教授
李孟恩	國立高雄師範大學物理學系教授
邱志偉	國立高雄師範大學物理學系教授
趙松柏	國立高雄師範大學物理學系副教授兼研發處企劃組組長
利見興	國立高雄師範大學物理學系副教授
陳美瑜	國立高雄師範大學物理學系助理教授

肆、助理評審與輔導員名單

助理評審

姓 名	職 稱
蔡志宏	國立高雄師範大學物理學系助教
蔡碧容	國立高雄師範大學物理學系助教書記
蕭國才	國立高雄師範大學物理學系技士
邱思源	國立高雄師範大學物理學系碩士生
盧泓均	國立高雄師範大學物理學系大四生

輔導員名單

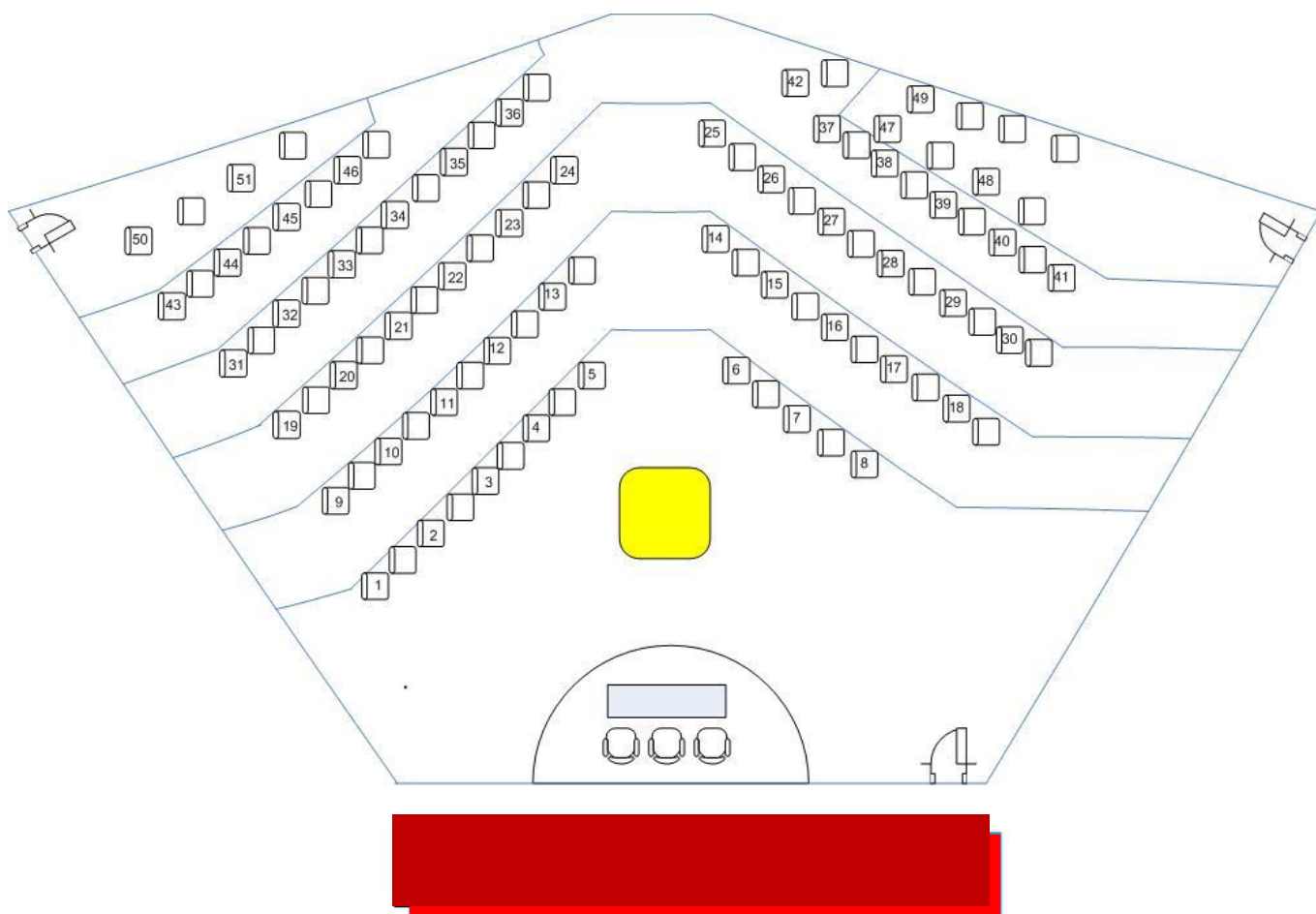
姓 名	職 稱
邱樹泉	軍訓專員
黃意傑	國立高雄師範大學物理學系大三學生
鄭安婷	國立高雄師範大學物理學系大三學生
陳昭予	國立高雄師範大學物理學系大三學生
蘇煜堯	國立高雄師範大學物理學系大四學生
鍾旻諠	國立高雄師範大學物理學系大四學生
吳哲宇	國立高雄師範大學物理學系大三學生

伍、競賽規則

- 一、 競賽場地除配戴識別証件的參賽學生、評審委員及工作人員外其他人士一律不准進入。
- 二、 參加競賽學生請著平常外出服裝，勿著學校制服及實驗衣，除配戴識別証外，應攜帶就讀學校學生證或國民身份證，經查驗無誤，始准參加競賽。
- 三、 參賽學生除指定的實驗器材、文具、非可程式電子計算機外，不得攜帶其他物品進場。行動電話與計時器等器材務必關機不得發出聲響，違者視其使用情節扣分或扣減其該科全部成績。
- 四、 實驗題作答前應先對題目所列儀器、藥品及器材逐項清點，如有缺損應即舉手請評審人員處理。
- 五、 參賽學生應按規定之考試開始前 10 分鐘進入所編定之試場或實驗室，按編號入座。考試開始鈴（鐘）響之後始可進行實驗或作答；考試結束鈴（鐘）聲響畢，應立即停止作答。違者視其情節予以扣分或扣減其該科全部成績。
- 六、 參賽學生**考試開始 10 分鐘後不得入場；考試開始後 60 分鐘內不得離場**，強行入場或離場者，取消其競賽資格。
- 七、 考生不得擾亂試場秩序影響他人作答，違者初次予以勸告，不聽勸告者，即請其出場，且該科成績不予計算。
- 八、 參賽學生如發現試題本（答案本）錯誤、缺漏、污損或印刷不清時，應即舉手請監試人員處理，但不得要求解釋題意。
- 九、 參賽學生於考試開始後至繳卷前，未經許可不得藉故擅自離場，否則取消競賽資格。如有突發事故（如因病等），必須暫時離開競賽試場者，須由工作人員陪同處理，但不得請求延長時間或補考。
- 十、 參賽學生應於考試離場前將試題與答案卷一併繳交給監試人員，不得攜出試場外。
- 十一、 競賽時如有偶發事件，應即向監試人員報告。
- 十二、 參賽學生對競賽場地設備必須妥善使用，如器材損壞以致無法進行實驗時，應立刻報告補充，不予扣分；但如有故意損毀或應注意而未注意以致損毀者，應予扣分並課以賠償責任。
- 十三、 實驗報告應於測驗結束時，隨即繳交評審人員，否則不予計分。
- 十四、 實驗競賽結束後，須將實驗器材清理歸位，如有破損應立即向監試人員報告。
- 十五、 本規則如有未盡事宜，得隨時修正並補充之。

陸、考試場地

一、開閉幕及試題解答場地

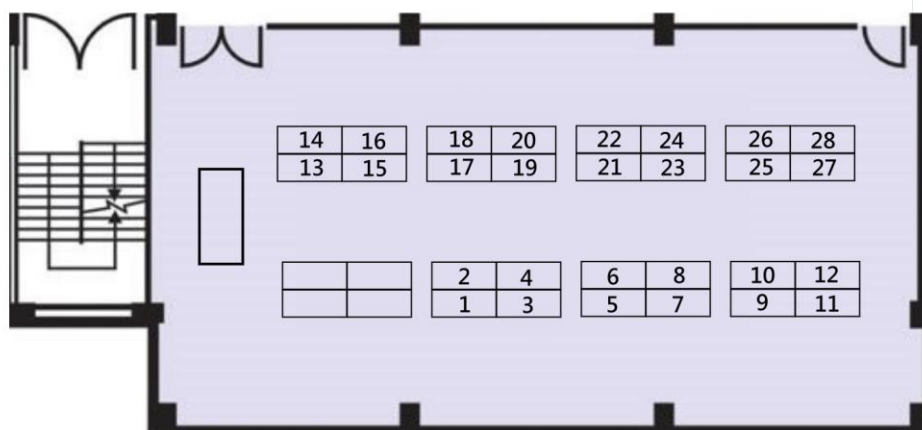


二、試場一

試場一

107 (1-28)

普通物理實驗室

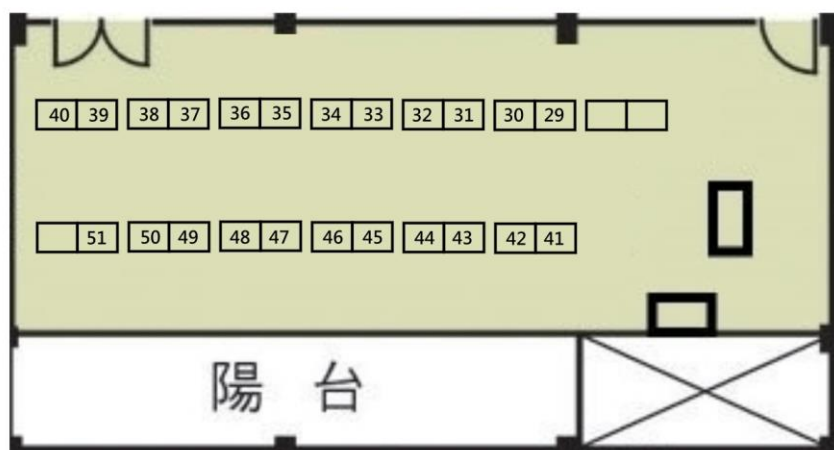


三、試場二

試場二 (編號:29-51)

305

近代物理實驗室



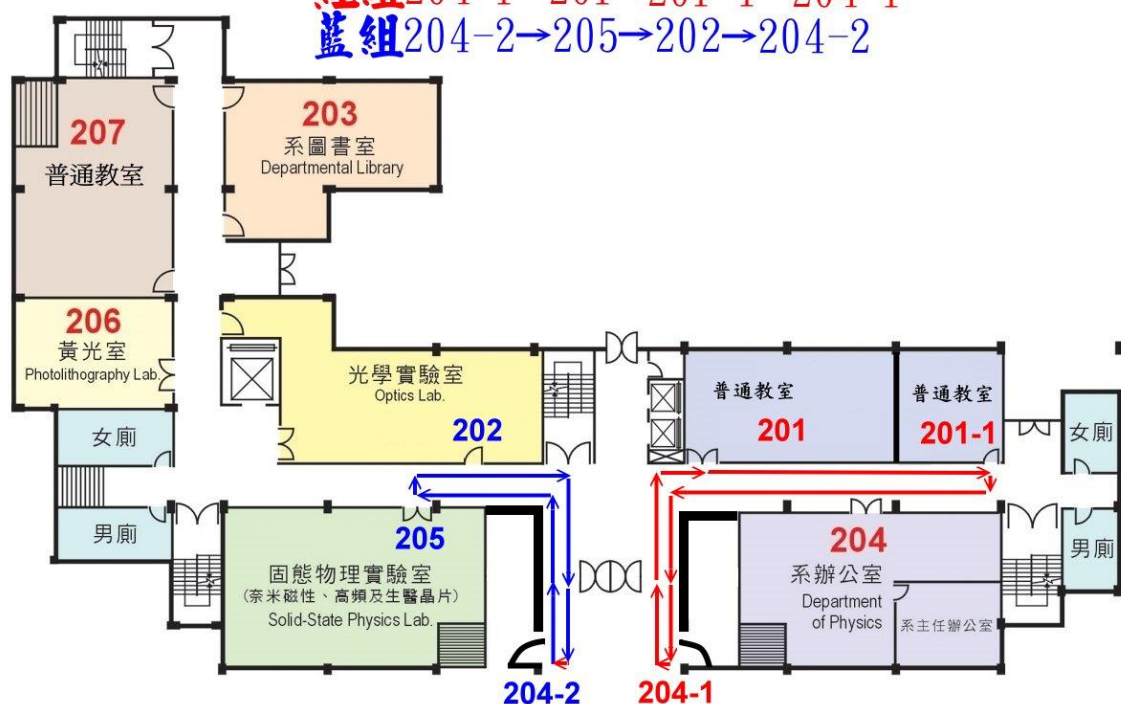
四、口試場地紅藍組

高斯大樓物理系二樓平面圖

口試會場紅藍組

紅組 204-1→201→201-1→204-1

藍組 204-2→205→202→204-2

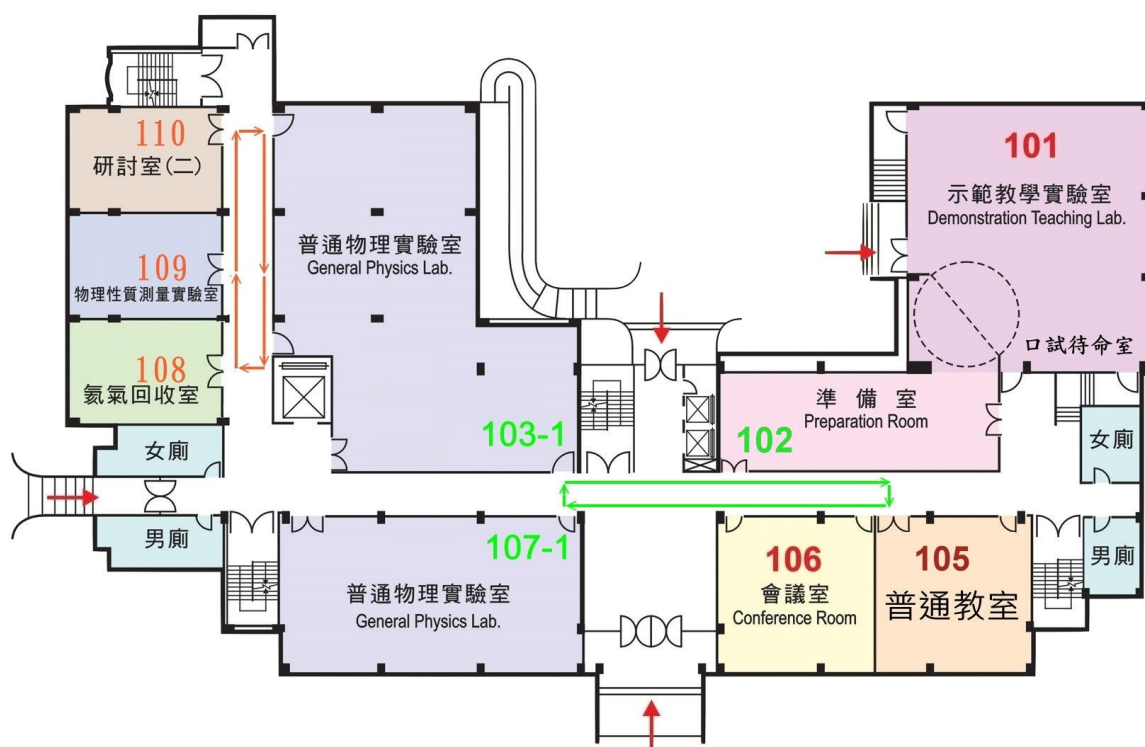


五、口試場地綠橘組

高斯大樓物理系一樓平面圖

口試綠組 103-1→102→107-1→103-1

口試橘組 108→109→110→108



六、口試流程

111學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽											
物理科決賽口試流程表											
考生 試場 編號 時間		試場紅-1	試場紅-2	試場紅-3	考生 試場 編號 時間		試場藍-1	試場藍-2	試場藍-3		
08:00		2	24	19	08:00		6	45	17		
08:10		19	2	24	08:10		17	6	45		
08:20		24	19	2	08:20		45	17	6		
08:30		14	29	26	08:30		36	44	9		
08:40		26	14	29	08:40		9	36	44		
08:50		29	26	14	08:50		44	9	36		
09:10		48	23	41	09:10		35	49	33		
09:20		41	48	23	09:20		33	35	49		
09:30		23	41	48	09:30		49	33	35		
09:40		1	39	15	09:40		46	25	38		
09:50		15	1	39	09:50		38	46	25		
10:00		39	15	1	10:00		25	38	46		
考生 試場 編號 時間		試場綠-1	試場綠-2	試場綠-3	考生 試場 編號 時間		試場橘-1	試場橘-2	試場橘-3		
08:00		40	34	12	08:00		7	27	47		
08:10		12	40	34	08:10		47	7	27		
08:20		34	12	40	08:20		27	47	7		
08:30		22	31	5	08:30		20	11	18		
08:40		5	22	31	08:40		18	20	11		
08:50		31	5	22	08:50		11	18	20		
09:10		16	21	30	09:10		13	28	10		
09:20		30	16	21	09:20		10	13	28		
09:30		21	30	16	09:30		28	10	13		
09:40		3	42	43	09:40		4	8	32		
09:50		43	3	42	09:50		32	4	8		
10:00		42	43	3	10:00		8	32	4		

七、評審委員口試試場配置表

二樓

試場 紅-1 高斯 204-1	試場 紅-2 高斯 201	試場 紅-3 高斯 201-1
周忠憲 委員	柯宜謀 委員	趙宇強 委員

二樓

試場 藍-1 高斯 204-2	試場 藍-2 高斯 205	試場 藍-3 高斯 202
任中元 委員	李孟恩 委員	趙松柏 委員

一樓

試場 綠-1 高斯 103-1	試場 綠-2 高斯 102	試場 綠-3 高斯 107-1
利見興 委員	許華書 委員	邱志偉 委員

一樓

試場 橘-1 高斯 108	試場 橘-2 高斯 109	試場 橘-3 高斯 110
黃建文 委員	郭榮升 委員	陳美瑜 委員

參賽學生休息室： 101 教室

柒、參賽學生分組名冊

111學年度數理及資訊學科能力物理科決賽分組名單					
教官：邱樹泉教官		總輔導員：黃意傑 同學			
編號	組別	學校名稱	姓名	性別	備註
	仁組	國立高雄師範大學物理學系	吳哲宇	男	學生輔導員
		國立花蓮高級中學	潘柏熏	男	
		國立花蓮高級中學	吳修丞	男	
		國立新竹科學園區實驗高級中等學校	張誠光	男	
		國立新竹科學園區實驗高級中等學校	吳孟峰	男	
		國立新竹高級中學	潘勁諺	男	
		國立新竹科學園區實驗高級中等學校	蕭鼎霖	男	
		國立新竹高級中學	朱永詮	男	
		桃園市立武陵高級中等學校	羅啟倫	男	
		國立新竹高級中學	石英佐	男	
	義組	國立高雄師範大學物理學系	鍾旻諠	女	學生輔導員
		彰化縣私立精誠高級中學	王兆國	男	
		彰化縣私立精誠高級中學	李科雋	男	
		國立彰化高級中學	陳宥杰	男	
		國立嘉義高級中學	黃鼎鈞	男	
		國立嘉義高級中學	曾奕豪	男	
		國立臺南第一高級中學	黃羿夫	男	
		國立臺南第一高級中學	黃永聖	男	
		國立臺南第一高級中學	李佳璋	男	
		國立臺南家齊高級中等學校	黃敬翰	男	
	禮組	國立高雄師範大學物理學系	蘇煜堯	男	學生輔導員
		國立鳳山高級中學	宋昱宣	男	
		國立馬公高級中學	鄭金洋	男	
		龍騰學校財團法人新北市林口康橋國際高級中等學校	林子棋	男	
		南山學校財團法人新北市南山高級中學	吳翊禎	男	
		南山學校財團法人新北市南山高級中學	高 宇	男	
		新北市立板橋高級中學	劉佳翰	男	
		新北市立板橋高級中學	林駿旭	男	
		時雨學校財團法人新北市私立時雨高級中學	莊翰清	男	
		新北市立板橋高級中學	康哲睿	男	
		臺北市立成功高級中學	郭宸豪	男	
	智組	國立高雄師範大學物理學系	陳昭予	女	學生輔導員
		臺北市立第一女子高級中學	林佑亭	女	
		臺北市立第一女子高級中學	施佳妍	女	
		臺中市立臺中女子高級中等學校	鍾瑋軒	女	
		臺北市立建國高級中學	徐子翔	男	
		臺北市立建國高級中學	吳席綸	男	
		臺北市立建國高級中學	江履方	男	
		國立臺灣師範大學附屬高級中學	毛彥翔	男	
		國立臺灣師範大學附屬高級中學	鍾佳聿	男	
		臺北市立建國高級中學	陳彥霖	男	
		臺北市立建國高級中學	黃紹凱	男	
	信組	國立高雄師範大學物理學系	鄭安婷	女	學生輔導員
		臺中市私立明道高級中學	黃承傑	男	
		臺中市立臺中第一高級中等學校	卓聿豐	男	
		臺中市立臺中第一高級中等學校	吳昀諺	男	
		臺中市立臺中第一高級中等學校	賴禹衡	男	
		臺中市立臺中第一高級中等學校	陳朋葳	男	
		臺中市立臺中第一高級中等學校	李承恩	男	
		臺中市立臺中第一高級中等學校	陳宣燁	男	
		高雄市立高雄高級中學	蔡承叡	男	
		高雄市立高雄高級中學	陳子彬	男	
		高雄市立高雄高級中學	袁律恆	男	
		高雄市立高雄高級中學	劉祐成	男	

捌、決賽試題及參考解

教育部 111 學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽

筆試試題（一）

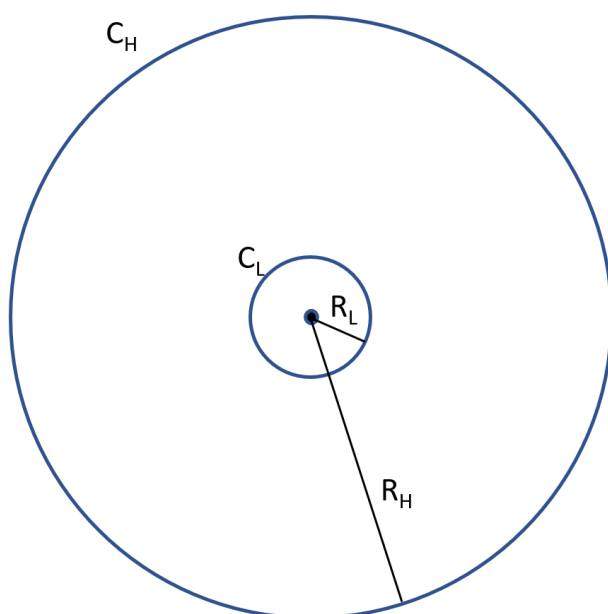
編號：__ 01 __.

說明：(1) 請先核對答案卷上之編號和你的編號是否一致。

(2) 本試題卷共五大題，請依題號在答案卷上指定位置作答，試題卷需隨答案卷繳回。

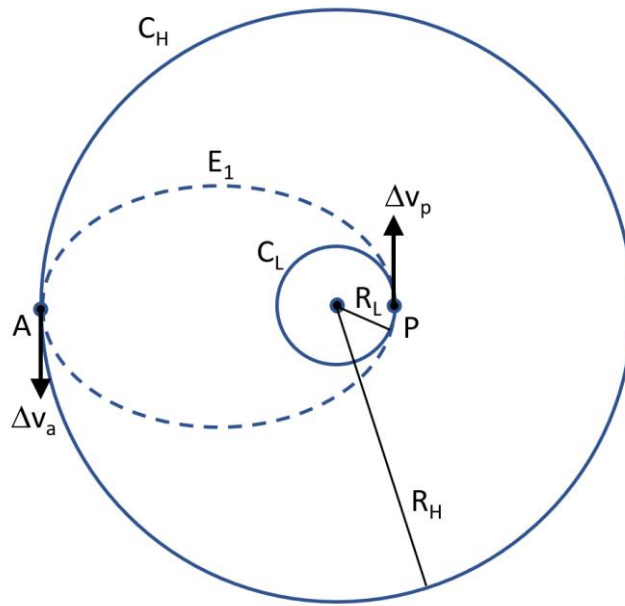
【第一題】

假設地球是一個球對稱、質量為 M 的物體。今有一衛星，其質量為 m ($m \ll M$)，最初以 7.9 km/s 在半徑為 R_L 之低圓軌道 C_L 運行。現在想要轉至半徑為 R_H ($R_H = 60R_L$) 之高圓軌道 C_H 運行，如圖(一)所示， C_L 與 C_H 是共面同心圓。



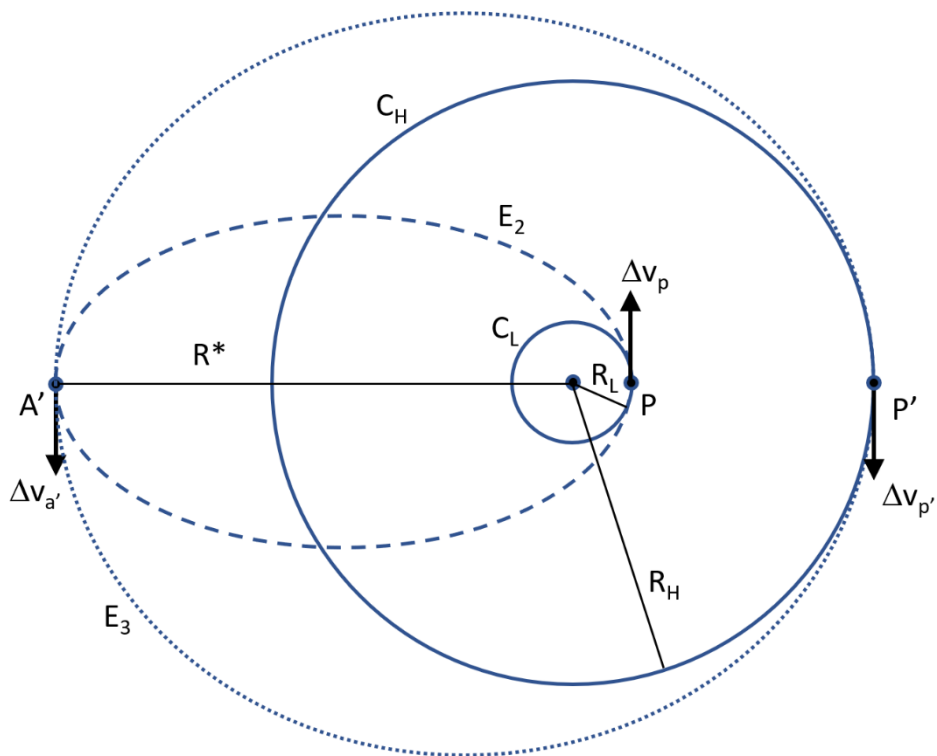
▲圖(一)

- (a) 方法一是參考下頁圖(二)，在某點 P 瞬間噴火，得一較大速度讓軌道從圓變成橢圓，而這橢圓 E_L 的"遠地點" A (離地心最遠處) 正好落在 C_H 上。而在 A 點再次瞬間噴火推進，使軌道從橢圓變成圓 C_H 。令 P 點因點火而得之速度差為 Δv_p ， A 點為 Δv_a ，二次推行之速度差的和為 $\Delta v \equiv |\Delta v_a| + |\Delta v_p|$ ，求 Δv 之值？[12 分]



▲圖(二)

- (b) 方法二是參考圖(三)，在 P 點的瞬間噴火，讓橢圓軌道 E_2 的"遠地點" A' 落在高圓軌道之外，距地心 R^* ($R^* > R_H$)。在 A' 點二次噴火推進，使新的橢圓軌道 E_3 之"近地點" P' (離地心最近處)正好落在 C_H 上。而在 P' 點三次噴火減速，讓衛星運行在 C_H 。設 $R^* = 80R_L$ ，計算此三次噴火造成的速度差大小總和 Δv 之值？ ($\Delta v \equiv |\Delta v_{a'}| + |\Delta v_p| + |\Delta v_{p'}|$) [12 分]

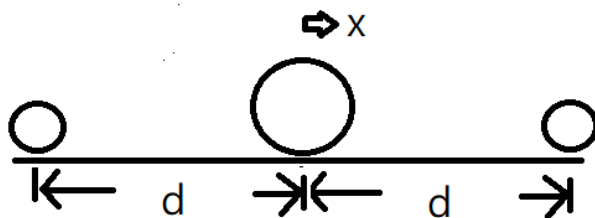


▲圖(三)

- (c) 比較(a)與(b)之 Δv 大小，並物理解釋之。 [6 分]

【第二題】

有兩顆實心導體球半徑為 r ，原先不帶電，將這兩顆球同時和另一顆帶電的實心導體球（半徑為 $2r$ ，帶電量為 Q ）接觸達靜電平衡後，再分開放於一摩擦力可忽略的平面上。這三顆球放於同一線上，所處的位置如圖(四)所示。



▲圖(四)

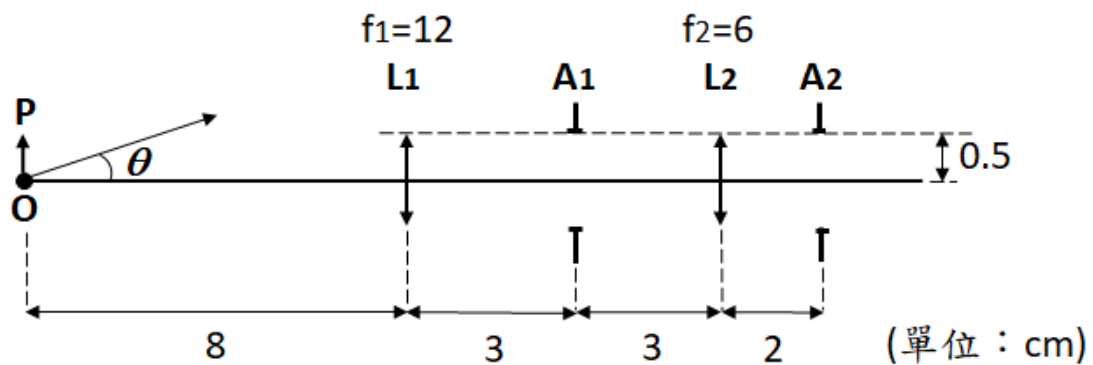
兩邊的小球位置固定不動，中央的大球僅可在 x 方向自由運動。今中間的大球偏移中心位置後(位移量 x ， $x \ll d$ ； $r \ll d$)在其中心位置來回震盪，若震盪週期為 T 。試以庫倫常數 k ，電量 Q ，週期 T ，半徑為 r ，位移量 x 及間距 d 表示下列問題的答案，這些參數不見得會全部用上。

- (a) 試求中央大球的質量。 [20 分]
- (b) 將實心球改為空心導體球殼，球殼厚度遠小於半徑，其餘操作如上。試問中間球的平均面電荷密度。 [10 分]

【第三題】

如圖(五)，一物體 OP 高 0.5 cm ，位於一焦距 12 cm 的凸透鏡 L_1 左方 8 cm 處。 L_1 右方 3 cm 、 6 cm 與 8 cm 處分別有一圓形開孔 A_1 、一焦距 6 cm 的凸透鏡 L_2 與另一圓形開孔 A_2 。若 L_1 與 L_2 的半徑均為 0.5 cm ； A_1 與 A_2 除正中心半徑 0.5 cm 的圓形開孔外，其餘部分不透光。物體在光軸上的 O 點所發出的光線與光軸間的夾角為 θ 。試求：

- 最後成像位置位於物體的左方或右方多少 cm 處？[5 分]
- 最後成像為正立或倒立？像的高度為多少 cm ？[5 分]
- 從 O 點出發，而能夠到達其最後成像位置的光線中， θ 之最大值為何？[20 分]



▲圖(五)

【第四題】

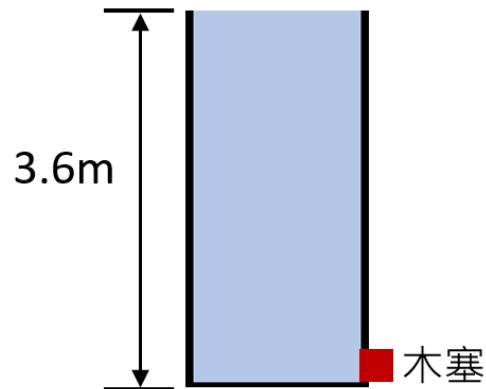
實驗室裡，若將一支特定頻率的音叉放置在一個裝水且垂直置放的長玻璃管開口處，當水位在某一高度時，會發現管中會產生很大的響聲，這就是玻璃管中的空氣與置於開口處的音叉產生共鳴。

一支全長 3.6 m 的玻璃管，(管的內半徑是 $2 \times 10^{-2}\text{ m}$)，在很靠近底部的地方鑽一小孔(孔的半徑為 $1 \times 10^{-3}\text{ m}$)。先將小孔塞住，在玻璃管裡加滿水，如圖(六)。然後拿一支頻率為 212.5 Hz 的音叉固定於開口處(很接近開口)，在敲擊音叉後，打開被塞住的小孔，假設水為不可壓縮且沒有黏滯性(不與玻璃管壁產生任何摩擦)，則在打開小孔後幾秒可以聽到第一次共鳴？
[10 分]

又在幾秒後可以聽到第二次共鳴？ [10 分]

在所有水漏完的過程中可以聽到幾次共鳴？ [10 分]

(假設當時的聲音速率為 340 m/s ，重力加速度 $g = 10\text{ m/s}^2$ ，若計算過程中遇數值的比值 $\leq 1/1000$ 則可以忽略不計)



▲圖(六)

【第五題】

美國日裔氣象學家真鍋淑郎，因建立了氣象模擬的真鍋模型，為全球暖化現象提出重要研究成果，榮獲 2021 年諾貝爾物理學獎。事實上，真鍋模型做了許多分析上的簡化，實際氣候的演變，就算是透過現代最快速的超級電腦也無法精準掌握。早在熱學蓬勃發展的兩百年前，法國物理學家傅立葉便對於溫室效應就有了初步研究……。

- (a) 我們知道十九世紀中葉後英國蘇格蘭物理學家馬克士威透過電磁學理論可以推得電磁輻射對物體表面會有輻射壓（光壓）。對於十九世紀中葉以前的時期，人們對於電磁學仍是比較陌生的，但是對熱學的研究已經累積有相當成果。請你嘗試建立一個實驗模型，透過熱力學第二定律來說明輻射壓是存在的。[5 分]

註：熱力學第二定律的克勞修斯表述為：熱量不可能從低溫物體自發傳到高溫物體。

- (b) 一以熱輻射為工作物質的熱機，其內的汽缸僅可讓熱輻射進出。現有兩個平衡的熱輻射源 E_1 、 E_2 （其溫度分別為 T_1 、 T_2 ， $T_1 > T_2$ ）。令此熱機進行卡諾循環，試說明此循環過程

[5 分]，以及利用卡諾定理推出熱輻射的能量密度 $u(T) = aT^4$ （其中 a 為常量，且已知輻

射壓 $P = \frac{1}{3}u(T)$ ）[5 分]。

- (c) 根據實驗可知常量 $a = 5.7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ，太陽可視為黑體且表面溫度約 6000 K，地球

與海王星皆視為灰體，它們面對太陽輻射的反射率分別為

$\varepsilon_E = 0.30$ 與 $\varepsilon_N = 0.40$ 。

已知太陽半徑 $R_S = 7.0 \times 10^5 \text{ km}$ 、地球半徑 $R_E = 6.4 \times 10^3 \text{ km}$ 、

太陽與地球距離 $r_{SE} = 1.5 \times 10^8 \text{ km}$ 、太陽與海王星距離 $r_{SN} = 4.5 \times 10^9 \text{ km}$ 。

求地球所受到陽光輻射之輻射壓之總力為何？[5 分]

若地球因大氣與海洋的影響而調節為表面溫度大致均勻的球體，並內部熱源可忽略，試問地球溫度為若干？[5 分]

相仿地，海王星表面溫度為若干？[5 分]

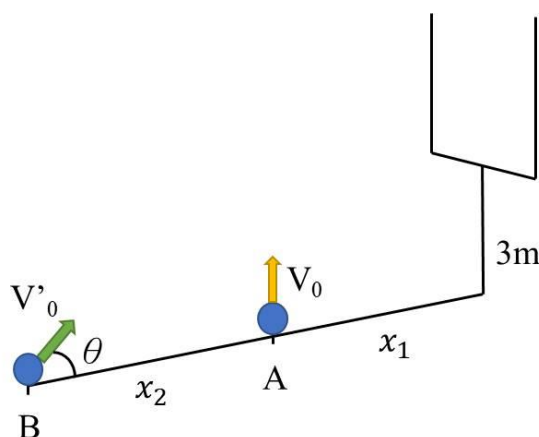
筆試試題（二）

編號： 01 .

- 說明：(1) 請先核對答案卷上之編號和你的編號是否一致。
(2) 本試題卷共五大題，請依題號在答案卷上指定位置作答，試題卷需隨答案卷繳回。

【第一題】

圖(一)為一橄欖球場地，分別在 A、B 二點放置二顆質量為 m 的圓形橡皮彈力球（恢復系數皆等於 1），A 點的橡皮球以 V_0 的速度從地面垂直上拋後，B 點的橡皮球則以 V'_0 與地面夾角 θ 斜向射出，並在空中擊中 A 點上拋的球，以使得 A 點的球恰好可以通過 3m 高度的球門。

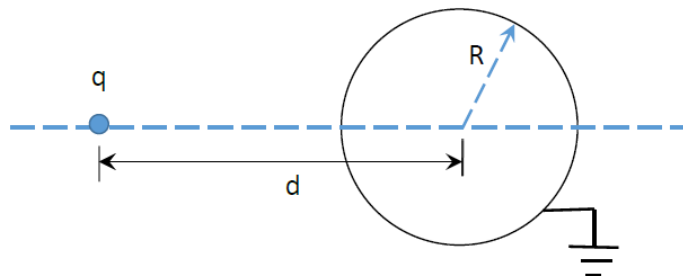


▲圖(一)

- (a) 試問 B 球需等待多久射出，B 球才能正好擊中上拋至最高點位置的 A 球。
[12 分]
- (b) 承問題(a)，假設 B 球正好水平正向的碰撞 A 球，A 球剛好可以通過 3m 高的球門，請求出滿足 A 球與 B 球發生碰撞的條件。 [18 分]

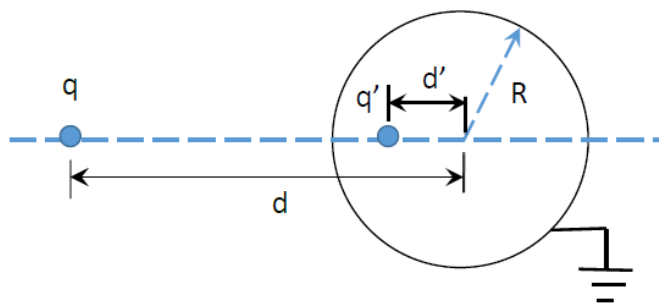
【第二題】

半徑為 R 的接地導體球附近有一電量為 q 的點電荷，如圖(二)所示。點電荷 q 會在導體球表面引起感應電荷的分布。直接從導體球表面所產生的感應電荷來計算其周圍空間的電場和電位分布並不是一件容易的事情。



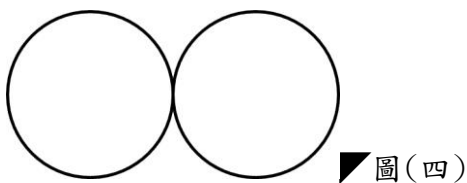
▲圖(二)

但是這種複雜的計算可以利用所謂的"鏡像法"予以簡化。根據鏡像法的原理，導體球面上的感應電荷所產生的電場和電位可以用放置於導體球內的點電荷 q' (也稱為像電荷)所產生的電場和電位來代替。需要注意的是:這個像電荷 q' 產生的電場和電位僅在導體球外(也包括球面)與導體球面上的感應電荷所產生的電場和電位相同。由本問題的對稱性可知，像電荷應該位於點電荷 q 與導體球心的連線上，如圖(三)所示。



▲圖(三)

- 試求像電荷電量 q' 以及其到導體球球心的距離 d' 。 [12 分]
- 求作用在電荷 q 上的靜電力。 [6 分]
- 現在將兩個半徑同為 R 導體球相互接觸，形成一孤立的雙球導體系統，如圖(四)所示。

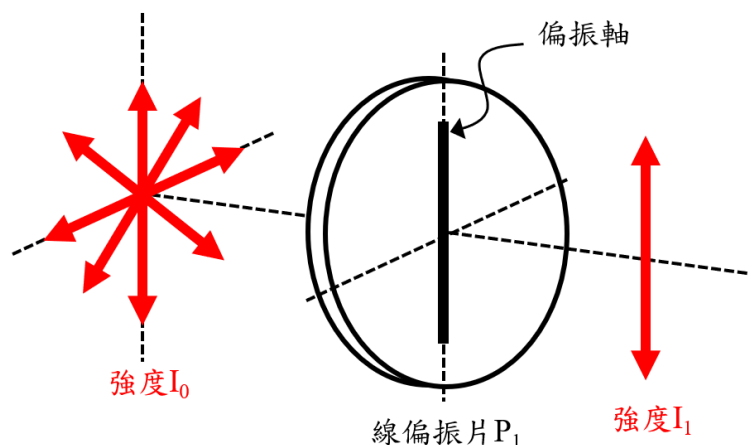


■圖(四)

已知孤立導體系統的電容等於系統的帶電量與其電位的比值。試求此系統的電容。 [12 分]

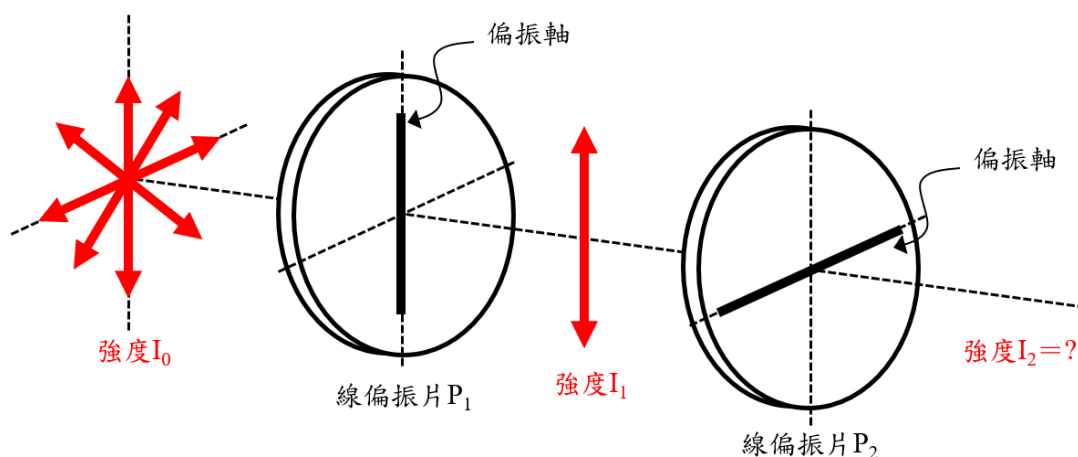
【第三題】

- (a) 電磁波的偏振方向定義為其電場的震盪方向。光是一種電磁波，不具特定偏振方向的光被稱為非偏振光。當非偏振光穿過線偏振片後，只有電場振動方向與線偏振片之偏振軸平行的光才有辦法通過偏振片，因此產生了線偏振光。如下圖(五)，在不考慮通過線偏振片時的吸收與反射的前提之下，強度 I_0 的非偏振光在穿過線偏振片 P_1 後，線偏振光的強度 I_1 為多少 I_0 ？ [3分]



▲圖(五)

- (b) 馬呂斯定律表明了，強度 I 的線偏振光穿過線偏振片後，且不考慮在通過線偏振片時的吸收與反射，穿透過線偏振片的光強度為 $I' = I \cos^2 \theta$ ，其中 θ 是入射線偏振光的偏振方向與偏振片之偏振軸之間的夾角。如下圖(六)，若在(a)小題中的裝置後再加入一個線偏振片 P_2 ，而 P_2 的偏振軸與 P_1 的偏振軸垂直。光穿過線偏振片 P_2 後，線偏振光的強度 I_2 為多少 I_0 ？ [3分]

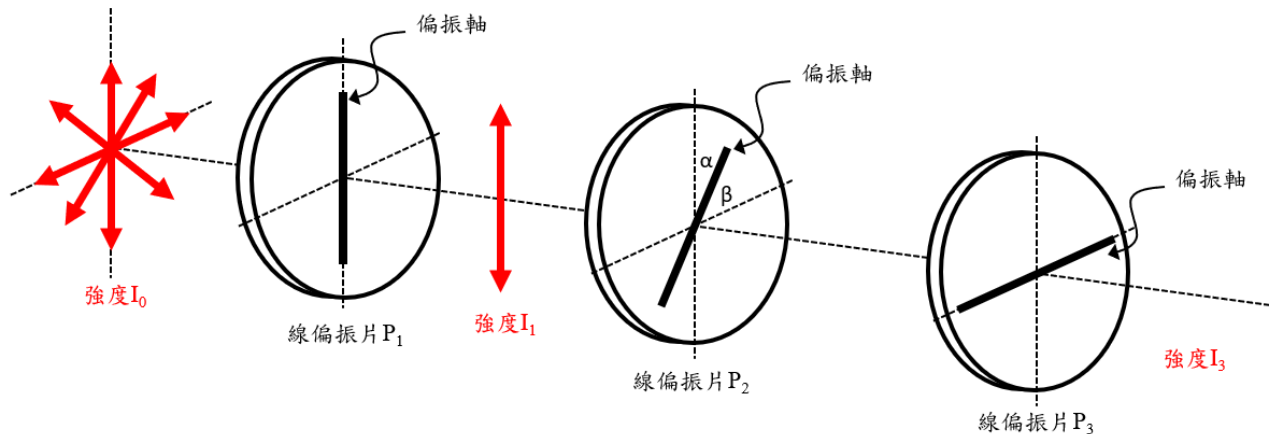


▲圖(六)

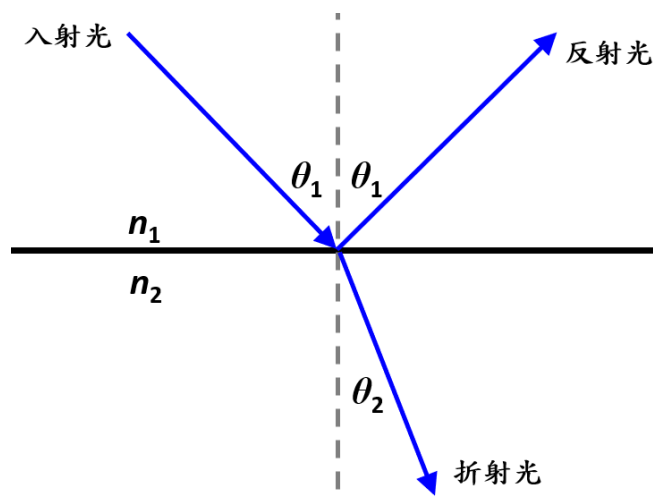
- (c) 如下圖(七)所示之裝置，若在偏振軸互相垂直的兩個線偏振片(P_1 與 P_3)之間再加入一個線偏振片 P_2 ，且 P_2 的偏振軸與垂直軸夾 α 角度，而與水平軸夾 $\beta (= 90^\circ - \alpha)$ 角度。請問，如

何設計夾角 α 使得最後穿透過 P_3 的強度 I_3 可以最大？此時，強度 I_3 為多少 I_0 ？ [5 分]

▲圖(七)



- (d) 當光由透明介質 1(折射率 n_1)以非垂直的方向傳播到透明介質 2(折射率 n_2)時會發生折射，如下圖(八)。 θ_1 是入射角， θ_2 是折射角。此時會遵守什麼定律？其數學關係為何？此圖中顯示的是 n_1 數值大還是 n_2 的數值大？ [3 分]



▲圖(八)

- (e) 當考慮光的偏振時，圖(八)更可以表達成下頁圖(九)。入射光表示成兩個正交線性偏振態， p -線偏振光和 s -線偏振光。 p -線偏振光的電場偏振平行於入射平面，而 s -線偏振光垂直於入射平面。一般情況下，反射光和折射光都是部分偏振光。菲涅爾方程式(Fresnel equations)就是用來描述光在兩種不同折射率的介質中傳播時的反射和穿透，尤其是，對 p -線偏振光和 s -線偏振光而言，菲涅爾方程式描述了反射波振幅與入射波振幅的比值(反射係數)，以及穿透波振幅與入射波振幅的比值(穿透係數)。

$$p\text{-線偏振光的反射係數 } r_p = \frac{n_1 \cos(\theta_2) - n_2 \cos(\theta_1)}{n_1 \cos(\theta_2) + n_2 \cos(\theta_1)}$$

$$s\text{-線偏振光的反射係數} \quad r_s = \frac{n_1 \cos(\theta_1) - n_2 \cos(\theta_2)}{n_1 \cos(\theta_1) + n_2 \cos(\theta_2)}$$

$$p\text{-線偏振光的穿透係數} \quad t_p = \frac{2n_1 \cos(\theta_1)}{n_1 \cos(\theta_2) + n_2 \cos(\theta_1)}$$

$$s\text{-線偏振光的穿透係數} \quad t_s = \frac{2n_1 \cos(\theta_1)}{n_1 \cos(\theta_1) + n_2 \cos(\theta_2)}$$

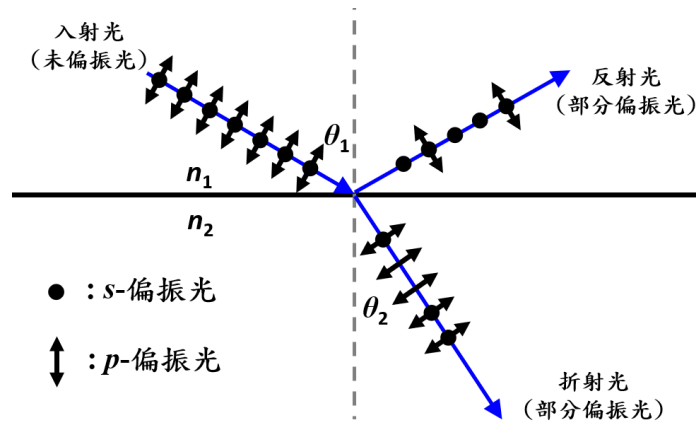
其中， p -與 s -線偏振光的反射係數更可以推導為

$$r_p = \frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)} \quad r_s = -\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

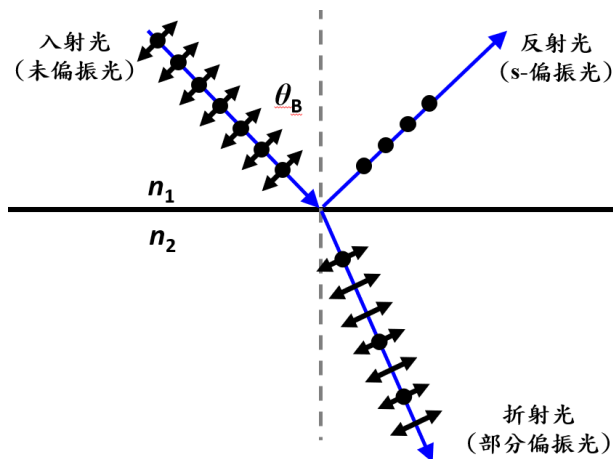
當入射角為某特定角度時，即布魯斯特角 θ_B (Brewster's angle)，反射光是 s -線偏振光，如圖(十)。請試著證實在此情況下：

(e-1) 反射光與折射光互相垂直。 [6 分]

(e-2) $\theta_B = \tan^{-1}(\frac{n_2}{n_1})$ [6 分]



▲圖(九)



▲圖(十)

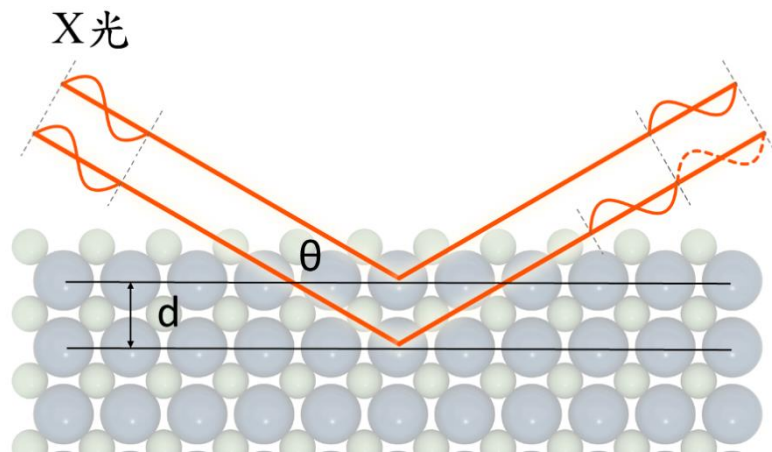
- (f) 當光由透明介質 1 (折射率 n_1) 以非垂直的方向傳播到透明介質 2 (折射率 n_2) 時，要怎麼使用線偏振片來設計實驗以得到一個只有入射光與折射光，卻沒有反射光的狀況呢？ [4 分]

【第四題】

繞射與干涉是波動特性的重要特徵，也在不論是近代物理的發展與材料科學的應用都扮演重要的腳色。如利用 X 光波動特性所開發設計的 X 光繞射儀(X ray diffraction, XRD)。是材料結構的鑑定的有力的實驗設備，可以透過已知波長的 X 光以及入射晶體後形成繞射的結果，來算出未知的原子層晶面間的間距為 d ，作為判斷材料結構的依據。

其原理如下圖(十一)所示，若以 X 光入射具有有序重複排列的原子組成的材料時，由於 X 光的波長與材料內部不同原子層晶面間的間距相近，因此會形成繞射。由於進入不同層晶面間的路徑不同，因此會形成光程差。繞射波疊加的結果使反射後的 X 光強度在某些角度上會有增強的結果。若原子層晶面間的間距為 d ，而入射光與晶面間的夾角為入射角 θ 。

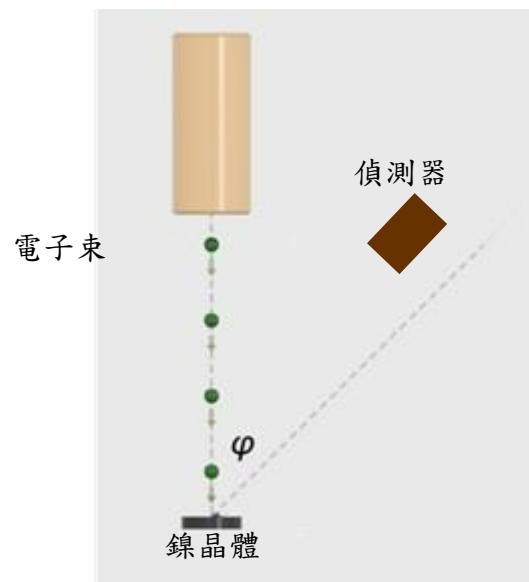
(a) 請說明 X 光繞射儀所觀察到建設性的干涉條件為何？ [10 分]



▲圖(十一)

(b) 而上述的 X 光繞射的原理被稱之為布拉格定理(Bragg's Law)，後來也被應用在證明粒子具有波動特性的劃時代的實驗中。該實驗的裝置圖如圖(十二)所示，發現在加速電壓 54V 加速電子來轟擊具有有序重複排列的鎳晶體($d=0.091 \text{ nm}$)時。電子偵測器可以在散射角度 φ 為 50 度時，發現散射強度特別顯著。而此現象被認為是與布拉格繞射定理有關。而電子能顯現與 X 光一樣的繞射特性，也表示電子也具有波動的特性。證明了粒子的波動性也是量子理論中非常重要基石。

請計算此時電子的波長為何？ [10 分]



▲圖(十二)

電子波長與動量間的關係也可以透過德布洛伊(de Broglie)提出關係式 $\lambda = h/p$ 來計算，其中 λ 為波長、 h 為普朗克常數(Planck's constant)而 p 為電子的動量。

(c) 也請透過此關係計算電子的波長，並比較是否與上述實驗所得的波長相符。[10 分]

題目所需要用到的可能資訊：

電子質量 $= 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

普朗克常數 $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

【第五題】

一熱機由一莫爾的理想單原子氣體在四個狀態之間循環進行(1→2→3→4)構成。

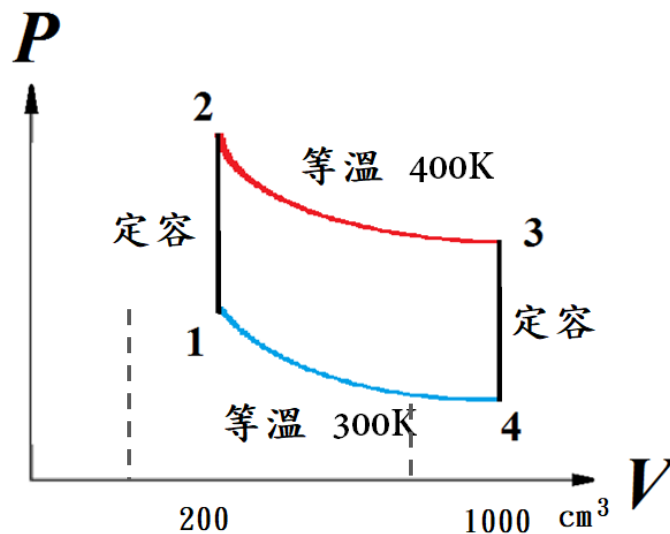
其中 $(T_1, V_1) = (300\text{K}, 200\text{cm}^3)$,

$(T_2, V_2) = (400\text{K}, 200\text{cm}^3)$,

$(T_3, V_3) = (400\text{K}, 1000\text{cm}^3)$,

$(T_4, V_4) = (300\text{K}, 1000\text{cm}^3)$ 。

四個狀態間由兩個等溫過程和兩個定容過程形成一個循環，如圖(十三)所示。



▲圖(十三)

請問 (a) 四個過程中做功各為多少？ [7 分]

(b) 四個過程的熱流各為多少？ [7 分]

(c) 求此熱機的性能係數，其定義為在每個循環之 $\frac{\text{輸入熱能}}{\text{輸出功}}$ 。 [8 分]

(d) 此熱機是否為可逆循環？請說明你的理由。 [8 分]

(提示：計算到 3 位有效位數。氣相滿足理想氣體方程式 $pV = nRT$ ，其中 p 為壓力， V 為氣相體積， n 為莫耳數， $R = 8.3145 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 為氣體常數。)

筆試試題（一）參考解

【第一題參考解】

for elliptic orbit E_{tot}

(a)

$$E_{tot} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} \quad (\text{if } m \ll M)$$

Assume $m = 1$.

$$\frac{1}{2}v_a^2 - \frac{GM}{r_a} = \frac{1}{2}v_p^2 - \frac{GM}{r_p}$$

$$\frac{1}{2}v_a^2 - \frac{1}{2}v_p^2 = \frac{GM}{r_a} - \frac{GM}{r_p}$$

because $v_a r_a = v_p r_p$, therefore $v_p = \frac{r_a}{r_p} v_a$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}v_a^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{r_a}{r_p}\right)^2 v_a^2 &= \frac{GM}{r_a} - \frac{GM}{r_p} \\ \Rightarrow \frac{1}{2}v_a^2 \left[1 - \left(\frac{r_a}{r_p}\right)^2\right] &= GM \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_p}\right) \\ \Rightarrow \frac{1}{2}v_a^2 \left[\frac{r_p^2 - r_a^2}{r_p^2}\right] &= GM \left(\frac{r_p - r_a}{r_a r_p}\right) \\ \Rightarrow \frac{1}{2}v_a^2 \left[\frac{r_p + r_a}{r_p}\right] &= \frac{GM}{r_a} \end{aligned}$$

because $r_a + r_p = 2a$, therefore

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}v_a^2 \left[\frac{2a}{2a - r_a}\right] &= \frac{GM}{r_a} \\ \Rightarrow \frac{1}{2}v_a^2 &= \frac{GM}{r_a} \left[\frac{2a - r_a}{2a}\right] \\ \Rightarrow \frac{1}{2}v_a^2 &= \frac{GM}{r_a} \left[1 - \frac{r_a}{2a}\right] \end{aligned}$$

Finally,

$$\begin{aligned} E_{tot} &= \frac{1}{2}v_a^2 - \frac{GM}{r_a} = \frac{GM}{r_a} \left[1 - \frac{r_a}{2a}\right] - \frac{GM}{r_a} = -\frac{GM}{2a} \\ E_{tot} &= \frac{1}{2}v^2 - \frac{GM}{r} = -\frac{GM}{2a} \end{aligned}$$

let $\mu \equiv GM$,

$$\frac{1}{2}v^2 - \frac{\mu}{r} = -\frac{\mu}{2a}$$

$$v^2 = \frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\mu}{r} - \frac{\mu}{a}}$$

The speed of satellite is $v_{p,C_L} = \sqrt{\frac{\mu}{R_L}}$ at position P of circular orbit C_L .

The speed of satellite is $v_{p,E_1} = \sqrt{\frac{2\mu}{R_L} - \frac{\mu}{a}}$ at position P of elliptic orbit E_1 .

$$\begin{aligned} \Delta v_p &= v_{p,E_1} - v_{p,C_L} \\ &= \sqrt{\frac{2\mu}{R_L} - \frac{\mu}{a}} - \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \\ &= \sqrt{\frac{2\mu}{R_L} - \frac{\mu}{(R_L + R_H)/2}} - \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \\ &= \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \left(\sqrt{\frac{2R_H}{R_L + R_H}} - 1 \right) \\ &= \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \left(\sqrt{\frac{2 \times 60}{1 + 60}} - 1 \right) \simeq 0.403 \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \end{aligned} \tag{b}$$

The speed of satellite is $v_{a,E_1} = \sqrt{\frac{2\mu}{R_H} - \frac{\mu}{a}}$ at position A of elliptic orbit E_1 .

The speed of satellite is $v_{a,C_H} = \sqrt{\frac{\mu}{R_H}}$ at position A of circular orbit C_H .

$$\begin{aligned} \Delta v_a &= v_{a,C_H} - v_{a,E_1} \\ &= \sqrt{\frac{\mu}{R_H}} - \sqrt{\frac{2\mu}{R_H} - \frac{\mu}{a}} \\ &= \sqrt{\frac{\mu}{R_H}} \left(1 - \sqrt{\frac{2R_L}{R_L + R_H}} \right) \\ &= \sqrt{\frac{\mu}{60R_L}} \left(1 - \sqrt{\frac{2R_L}{R_L + R_H}} \right) \\ &= \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \frac{1}{\sqrt{60}} \left(1 - \sqrt{\frac{2}{1 + 60}} \right) \simeq 0.106 \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \end{aligned}$$

$$\Delta v = \Delta v_p + \Delta v_a = 0.509 \sqrt{\frac{\mu}{R_L}}$$

$$\begin{aligned}
\Delta v'_a &= v_{a',E_3} - v_{a',E_2} \\
&= \sqrt{\frac{2\mu}{R^*} - \frac{\mu}{(R^* + R_H)/2}} - \sqrt{\frac{2\mu}{R^*} - \frac{\mu}{(R^* + R_L)/2}} \\
&= \sqrt{2\mu} \left[\sqrt{\frac{1}{R^*} - \frac{1}{R^* + R_H}} - \sqrt{\frac{1}{R^*} - \frac{1}{R^* + R_L}} \right] \\
&= \sqrt{2\mu} \left[\sqrt{\frac{R_H}{R^*(R^* + R_H)}} - \sqrt{\frac{R_L}{R^*(R^* + R_L)}} \right] \\
&= \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \sqrt{2} \left(\sqrt{\frac{60}{80(80 + 60)}} - \sqrt{\frac{1}{80(80 + 1)}} \right) \simeq 0.0859 \sqrt{\frac{\mu}{R_L}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
|\Delta v'_p| &= |v_{p',C_H} - v_{p',E_3}| \\
&= \left| \sqrt{\frac{\mu}{R_H}} - \sqrt{\frac{2\mu R^*}{R_H(R^* + R_H)}} \right| \\
&= \sqrt{\frac{\mu}{R_H}} \left| 1 - \sqrt{\frac{2 \times 80}{80 + 60}} \right| \\
&= \sqrt{\frac{\mu}{R_L}} \frac{1}{\sqrt{60}} \left| 1 - \sqrt{\frac{2 \times 80}{80 + 60}} \right| \simeq 0.009 \sqrt{\frac{\mu}{R_L}}
\end{aligned}$$

$$\Delta v = \Delta v_p + \Delta v_a + |\Delta v'_p| = 0.4999 \sqrt{\frac{\mu}{R_L}}$$

方法二的 Δv 小於方法一的 Δv ！

(c)在低軌道時，耗較少能量即可得到脫逃速度(至無限遠處)

【第二題參考解】

- (a) $Q'/2r=q1/r=q2/r$ 且 $Q'+q1+q2=Q \rightarrow Q'=Q/2, q1=q2=Q/4$

置於中間的大球受力為

$$\begin{aligned} & -kQ'q1/(d-x)^2 + kQ'q1/(d+x)^2 \\ & \cong (kQ^2/8)(-1/(d^2-2dx) + 1/(d^2+2dx)) \\ & \cong (kQ^2/8d^2)(-1-2x/d + 1-2x/d) \\ & = -kQ^2x/2d^3 \end{aligned}$$

受力和位移呈現性正比，可知其為簡協震盪，其"彈性常數 K" 為 $kQ^2/2d^3$ ，

週期和彈性係數及質量 M 的關係為 $(2\pi/T)^2 = K/M = kQ^2/2Md^3$

$$\rightarrow M = k(TQ)^2/8\pi^2d^3$$

- (b) 球殼和實心球有相同的電位公式，中央大球的電荷 $Q'=Q/2$ ，
面電荷密度為 $Q'/4\pi(2r)^2 = Q/32\pi r^2$

【第三題參考解】

a. OP 經 L_1 成像

$$\frac{1}{8} + \frac{1}{s'_1} = \frac{1}{12} \rightarrow s'_1 = -24(\text{cm}), \quad m_1 = -\frac{-24}{8} = +3$$

再經 L_2 成像

$$\frac{1}{6 - (-24)} + \frac{1}{s'_2} = \frac{1}{6} \rightarrow s'_2 = \frac{15}{2} = 7.5(\text{cm}), \quad m_2 = -\frac{7.5}{30} = -\frac{1}{4}$$

可知，像位於 L_2 右方 7.5cm 處，即位於物體右方 21.5cm 處。

b. 橫向放大率 $m = m_1 \cdot m_2 = 3 \times \left(-\frac{1}{4}\right) = -\frac{3}{4}$

$$\rightarrow \text{像高為 } \frac{1}{2} \times \left(-\frac{3}{4}\right) = -\frac{3}{8} = -0.375(\text{cm}) \rightarrow \text{倒立，0.375cm。}$$

c. O 點與 L_1 邊緣形成的夾角 $\theta_{L_1} = \tan^{-1}\left(\frac{0.5}{8}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1}{16}\right)$

求 O 點與 A_1 邊緣形成的夾角， A_1 需先對 L_1 成像

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{s_{A_1}} = \frac{1}{12} \rightarrow s_{A_1} = -4 \rightarrow \text{像距物 } 8 + 4 = 12(\text{cm}), m_{A_1} = -\frac{-4}{3} = \frac{4}{3}$$

$$\therefore \theta_{A_1} = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{1}{2} \times \frac{4}{3}}{12}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1}{18}\right)$$

求 O 點與 L_2 邊緣形成的夾角， L_2 需先對 L_1 成像

$$\frac{1}{6} + \frac{1}{s_{L_2}} = \frac{1}{12} \rightarrow s_{L_2} = -12(\text{cm}) \rightarrow \text{像距物 } 8 + 12 = 20(\text{cm}), m_{L_2} = -\frac{-12}{6} = +2$$

$$\therefore \theta_{L_2} = \tan^{-1}\left(\frac{0.5 \times 2}{20}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1}{20}\right)$$

求 O 點與 A_2 邊緣形成的夾角， A_2 需先對 L_2 成像，再對 L_1 成像

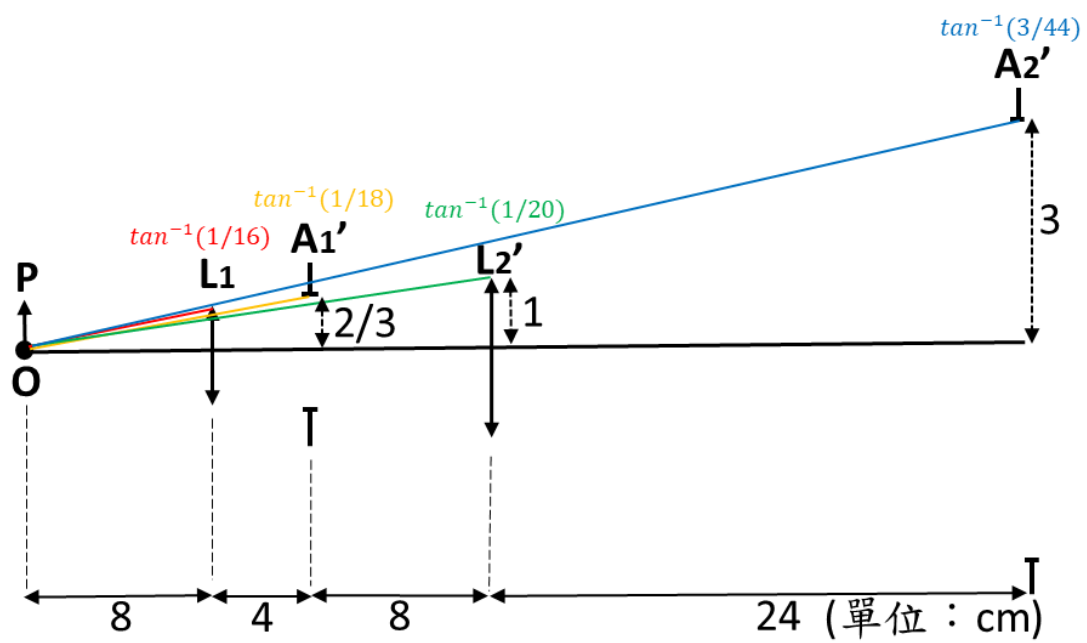
$$A_2 \text{ 對 } L_2 \text{ 成像，} \frac{1}{2} + \frac{1}{s'_{A_2}} = \frac{1}{6} \rightarrow s'_{A_2} = -3, m_1 = -\frac{-3}{2} = \frac{3}{2}$$

$$\text{再對 } L_1 \text{ 成像，} \frac{1}{6 - (-3)} + \frac{1}{s''_{A_2}} = \frac{1}{12} \rightarrow s''_{A_2} = -36$$

$$\rightarrow \text{物右方 } 44 \text{ cm}, m_2 = -\frac{-36}{9} = +4 \rightarrow m_1 \cdot m_2 = \frac{3}{2} \times 4 = +6$$

$$\therefore \theta_{A_2} = \tan^{-1}\left(\frac{\frac{1}{2} \times 6}{44}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3}{44}\right)$$

$$\text{四個角度中 } \theta_{L_2} = \tan^{-1}\left(\frac{1}{20}\right) \text{ 最小} \rightarrow \theta_{\max} = \tan^{-1}\left(\frac{1}{20}\right)$$



【第四題參考解】

$V = 340 \text{ m/s}$ 單邊開口管的共鳴的基頻(fundamental frequency)條件為

$$V/4L_0 = 212.5 \quad L_0 \text{ 為空氣管的長度}$$

$$\text{代入得 } L_0 = 340 / (4 * 212.5) = 0.4 \text{ m}$$

在單邊開口的空氣管中，只有單數的諧波(harmonic)才能存在
所以 其它可以共鳴的頻率為

$$n * (V/4L_n) = 212.5 \quad n = 3, 5, 7, 9, \dots$$

分別代入可得

$$L_3 = 1.2 \text{ m (3rd Harmonic)} \quad L_5 = 2.0 \text{ m (5th harmonic)} \quad L_7 = 2.8 \text{ m (7th harmonic)} \quad L_9 = 3.6 \text{ m (9th harmonic)}$$

所以總共可以聽到 5 次聲音的共鳴 (包括只剩下空氣柱)

$$\begin{aligned} \text{也就是水柱高為 } & 3.6 - 0.4 = 3.2 \text{ m} \quad 3.6 - 1.2 = 2.4 \text{ m} \quad 3.6 - 2.0 \\ & 3.6 - 2.8 = 0.8 \text{ m} \text{ 跟 } 0 \text{ 時會有共鳴} \end{aligned}$$

因為水的不可壓縮，水密度相同 所以水流量守恆 (每單位過面的水量相同)

如右圖

$$\text{則 } \frac{-\rho A dH}{dt} = \rho a V_2$$

$$\rightarrow A (-dH/dt) = a V_2 \quad H \text{ 為向上為正} \\ (V_2 \text{ 為小孔出水的速率})$$

且因為水沒有黏滯性即能量不會因為跟管壁有摩擦而損耗 (能量守恆)
所以

$$\text{在上端的總能為 } \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g H,$$

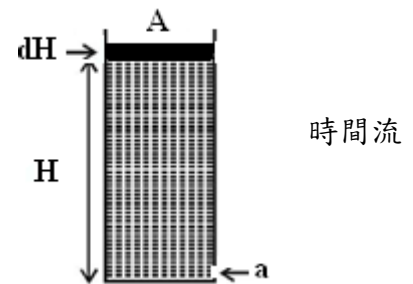
$$\text{其中 } v = dH/dt = -a/A V_2$$

$$\text{在底端的總能為 } \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

$$\begin{aligned} A &= \pi (2 \times 10^{-2})^2 = 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \\ \text{因為 } a &= \pi (10^{-3})^2 = 3.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{所以 } a/A \sim 1/1000 \quad \text{所以 } v \text{ 可以看是 } \sim 0 \quad \rightarrow \rho g H = \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

$$\text{所以 } v_2 = \sqrt{2gH}$$



因此

$$a\sqrt{2gH} = A \left(\frac{-dH}{dt} \right)$$

也就是說管中的水隨時間的下降為

$$-\left(\frac{dH}{dt}\right) = \frac{a}{A}\sqrt{2gH}$$

代入 a, A, g

$$-\left(\frac{dH}{dt}\right) = 1.11 \times 10^{-2} \sqrt{H}$$

$$\frac{dH}{\sqrt{H}} = -1.11 \times 10^{-2} dt$$

聽到第一個共鳴所需時間為

$$\int_{3.6}^{3.2} \frac{dH}{H} = -1.11 \times 10^{-2} \int_0^t dt$$

$$2(\sqrt{3.2} - \sqrt{3.6}) = -(1.11 \times 10^{-2})t$$

$$t \sim 19.5 \text{ s}$$

聽到第 2 個共鳴所再需時間為

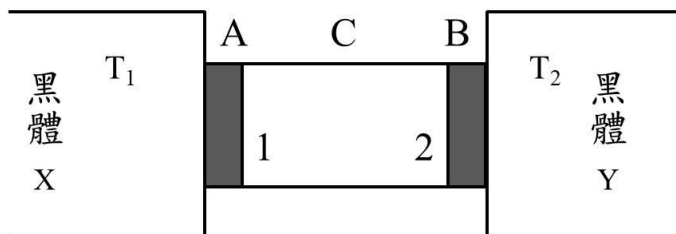
$$\int_{3.2}^{2.4} \frac{dH}{H} = -1.11 \times 10^{-2} \int_0^t dt$$

$$2(\sqrt{2.4} - \sqrt{3.2}) = -(1.11 \times 10^{-2})t$$

$$t \sim 43 \text{ s}$$

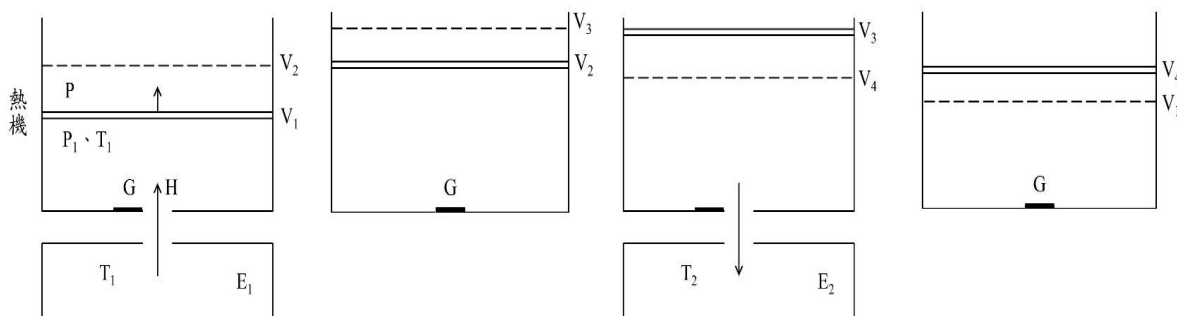
【第五題參考解】

- (a) 設有兩個黑體 X 和 Y，平衡溫度分別為 T_1 和 T_2 ，且 $T_1 > T_2$ ，C 為連接兩個黑體的真空圓筒，筒中有兩個自由滑動的活塞 A、B，圓筒內壁和活塞 A、B 的兩個平面都是理想的反射面，最初活塞 A 和 B 的平面分別貼緊於黑體 X 和 Y 的位置 1 和 2。

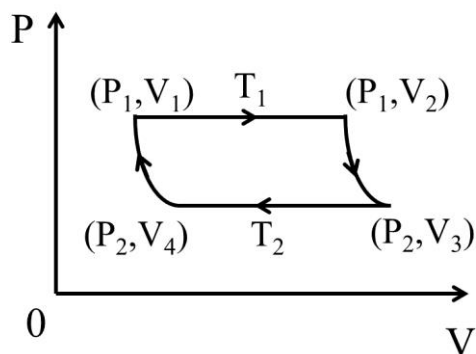


先將 B 移出筒 C，讓黑體 Y 的輻射能充滿 C，再將 B 移回到位置 2，並把 A 移出筒 C 然後推動活塞 B，如果沒有光壓，推動 B 時，外界不需作功，當 B 移到位置 1 時，筒 C 的輻射能全部被黑體 X 吸收。此時，筒中又充滿了黑體 Y 的輻射能，把活塞 A 和 B 輪流移入和移出，重複上述過程，黑體 Y 的輻射能不斷地被黑體 X 吸收而使得黑體 X 之溫度上升、黑體 Y 之溫度下降。這樣相當於能量自發地從低溫熱源（黑體 Y）流入高溫熱源（黑體 X），而不引起其他變化，這顯然違反熱力學第二定律的克勞修斯表述。上述實驗事實的理論解釋，錯誤在於沒有考慮輻射對活塞平面產生的光壓，若把光壓納入考慮，在推動活塞時外界必須作功。因此輻射場中必存在光壓。

- (b) 熱機以熱輻射為工作物質，熱機有光滑無摩擦的活塞 P、活門 G 和底部小孔 H，可讓熱輻射進出熱機。



進行微卡諾循



當熱輻射（光子）為工作物質時， $P = \frac{1}{3}u(T)$ ，等溫線亦為等壓線。

1. 等溫膨脹過程

(isothermal expansion) :

活門 G 開啟，熱機自溫度 T_1 的平衡熱輻射源 E_1 吸收熱輻射，輻射壓 $P_1 = \frac{1}{3}u(T_1)$ ，

體積自 V_1 膨脹到 V_2 ，對外作功 $W_1 = P_1(V_2 - V_1) = \frac{1}{3}u(T_1) \cdot (V_2 - V_1)$ ，

內能增加 $\Delta U = u(T_1) \cdot (V_2 - V_1)$ ，由熱力學第一定律：熱機自 E_1 吸收輻射能為

$$Q_1 = W_1 + \Delta U = \frac{4}{3}u(T_1) \cdot (V_2 - V_1)$$

2. 絕熱膨脹過程 (adiabatic expansion)：

活門 G 關閉，體積自 V_2 絕熱膨脹到 V_3 ，溫度降到 T_2 、輻射壓降到 $P_2 = \frac{1}{3}u(T_2)$

3. 等溫壓縮過程 (isothermal compression)：

活門 G 開啟，體積自 V_3 等溫壓縮到 V_4 ，熱機對溫度 T_2 的熱輻射源 E_2 釋出熱輻射。

4. 絕熱壓縮過程 (adiabatic compression)：

活門 G 關閉，體積自 V_4 絕熱壓縮回到 V_1 ，溫度回升到 T_1 。

設 T_1 和 T_2 之間微差 dT ， V_1 和 V_2 之間微差 dV ，

$$\text{熱機對外作功 } W = dP \cdot dV = \frac{1}{3}du \cdot dV$$

$$\text{熱機自 } E_1 \text{ 吸收的熱輻射 } Q_1 = W_1 + \Delta U = \frac{4}{3}u(T_1) \cdot (V_2 - V_1) = \frac{4}{3}u(T_1)dV$$

$$\Rightarrow \text{熱機效率 } \eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{\frac{1}{3}du \cdot dV}{\frac{4}{3}u \cdot dV} = \frac{du}{4u}$$

又由卡諾定理 (Carnot's theorem) 知熱機效率為 $\eta = \frac{dT}{T}$

$$\therefore \frac{du(T)}{4u(T)} = \frac{dT}{T} \text{，兩邊積分得：} \int \frac{du(T)}{4u(T)} = \int \frac{dT}{T} \Rightarrow \ln u(T) = \ln aT^4$$

得： $u(T) = aT^4$ ，其中 a 為常量。 Q.E.D.

(c) 地球接收到太陽之輻射能流

$$\dot{q}_{SE} = (aT_s^4) \left(4\pi R_s^2 \right) \cdot \frac{\pi R_E^2}{4\pi r_{SE}^2} [1 - (-\epsilon_E)] = 2.69 \times 10^{17} \text{ J/s}$$

$$\therefore \text{地表所受到太陽的輻射壓之總力為 } F = \frac{\dot{q}_{SE}}{c} = \frac{2.69 \times 10^{17}}{3.0 \times 10^8} = 8.98 \times 10^8 \text{ N}$$

(d) 將地球、海王星視為灰體，根據克希何夫熱輻射定律 (Kirchhoff's law of thermal radiation)，吸收率與發射率相等。

熱平衡條件：

$$(aT_s^4) \left(4\pi R_s^2 \right) \cdot \frac{\pi R_E^2}{4\pi r_{SE}^2} (1 - \epsilon_E) = (aT_E^4) \left(4\pi R_E^2 \right) (1 - \epsilon_E)$$

$$\Rightarrow T_E = \sqrt[4]{\frac{R_S^2}{4r_{SE}^2}} T_S = \sqrt[4]{\frac{1}{4} \left(\frac{7.0 \times 10^8}{1.5 \times 10^{11}} \right)^2} \times 6000 \approx 290K$$

$$(aT_S^4)(4\pi R_S^2) \cdot \frac{\pi R_N^2}{4\pi r_{SN}^2} (1 - \varepsilon_N) = (aT_N^4)(4\pi R_N^2)(1 - \varepsilon_N)$$

$$\Rightarrow T_N = \sqrt[4]{\frac{R_S^2}{4r_{SN}^2}} T_S = \sqrt[4]{\frac{1}{4} \left(\frac{7.0 \times 10^8}{4.5 \times 10^{12}} \right)^2} \times 6000 \approx 53K$$

教育部 111 學年度高級中學數理及資訊學科能力競賽物理科決賽

筆試試題（二）參考解

【第一題參考解】

恢復系數=1，代表二球相撞時為完全彈性碰撞

(a) A 點球上升至最高點時，末速=0，並假設上升的時間為 t_A

$$\text{所以 } 0 = v_0 - gt_A \rightarrow t_A = \frac{v_0}{g}$$

B 點的球從 B 點移動到 A 點的距離為 x_2 ，B 球水平移動速度為 $v'_0 \cos \theta$ ，水平移動為等速度運動，假設 B 球水平移動時間為 t_B

$$v'_0 \cos \theta = x_2, t_B = \frac{x_2}{v'_0 \cos \theta}$$

$$\text{B 點等待 } t_{\text{wait}} \text{ 後才射球} \rightarrow t_B + t_{\text{wait}} = t_A \rightarrow t_{\text{wait}} = t_A - t_B = \frac{v_0}{g} - \frac{x_2}{v'_0 \cos \theta}$$

(b) 當 A 球上升至最高點與 B 球剛好發生水平正向碰撞時($m_1 = m_2$)，

$$v'_{A \text{ 水平速度}} = \frac{(m_1 - m_2)v_{A \text{ 水平速度}} + 2m_2 v_{B \text{ 水平速度}}}{m_1 + m_2} = v_{B \text{ 水平速度}} = v'_0 \cos \theta$$

A 球水平方向飛到橄欖球門的時間為 t'_A

$$\because v'_0 \cos \theta \times t'_A = x_1$$

$$\therefore t'_A = \frac{x_1}{v'_0 \cos \theta}$$

A 球垂直上拋到最高處被擊中，落到橄欖球門時的位置時必須要高於 3m 才能夠穿過球門，假設 A 球垂直下落的距離 h_A

$$h_A = \frac{1}{2}g \times t^2 = \frac{g}{2} \left(\frac{x_1}{v'_0 \cos \theta} \right)^2 \geq v_0 \times t_A - \frac{1}{2}g \times t_A^2 - 3 = \frac{v_0^2}{2g} - 3$$

$$\text{A 球與 B 球高度需滿足的條件為 } \frac{g}{2} \left(\frac{x_1}{v'_0 \cos \theta} \right)^2 \geq \frac{v_0^2}{2g} - 3$$

【第二題參考解】

(a) 由於導體球接地，因此球面上的電位為零。

若 P 為球面上任意一點， O 為導體球的球心， POq 的夾角為 θ 。

設 $|\overrightarrow{qP}| = r_1$ ， $|\overrightarrow{q'P}| = r_2$ ，則 $r_1^2 = R^2 + d^2 - 2Rd \cos \theta$ ，

$$r_2^2 = R^2 + d'^2 - 2Rd' \cos \theta$$

P 點的電位為 $V_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r_1} + \frac{q'}{r_2} \right) = 0$ ，所以 $\frac{q}{r_1} + \frac{q'}{r_2} = 0$ 。

$$q^2 r_2^2 = q'^2 r_1^2$$

因此 $q^2(R^2 + d'^2 - 2Rd' \cos \theta) = q'^2(R^2 + d^2 - 2Rd \cos \theta)$

因為導體球為等電位面，因此上式對任何的角度 θ 都必須成立
比較係數得到

$$\begin{cases} q^2(R^2 + d'^2) = q'^2(R^2 + d^2) \\ q^2(Rd') = q'^2(Rd) \end{cases}$$

可以解得 $\begin{cases} d' = \frac{R^2}{d} \\ q' = -\frac{qR}{d} \end{cases}$ 或 $\begin{cases} d' = d \\ q' = -q \end{cases}$ (不合，故捨棄)

(b) 作用在點電荷 q 的靜電力大小為

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{(d-d')^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q(-\frac{qR}{d})}{(d-\frac{R^2}{d})^2} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 R d}{(d^2 - R^2)^2}$$

此靜電力為吸引力

(c) 兩個相互接觸的導體球彼此間存有相互感應的問題，在此題中，我們可以利用鏡像法，當系統電位給定時，設法求出帶電量，這樣就可以得到系統的電容。將左右兩球分別稱為 L 球以及 R 球。今假設在兩球的球心各有一個帶電量均為 q_1 的點電荷。當不考慮

彼此間的相互感應時，兩球的電位分別為 $V_0 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 R}$ 。

但是由於存在相互感應，感應電荷會造成額外的附加電位，使系統的電位偏離 V_0 。為了消除附加電位的影響，使系統的電位保持在 V_0 ，需要在各自對方的球體內放置一個像電荷。此像電荷的位置以及電量可利用(a)的結果得到(此時 $d = 2R$)

$$\begin{cases} d_2 = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2} \\ q_2 = -\frac{Rq_1}{2R} = -\frac{q_1}{2} \end{cases}$$

因此 L 球中的像電荷 q_2 正好消除掉 R 球球心處點電荷 q_1 對 L 球的感應所產生的電位的改變。而且根據問題的對稱性， R 球中的像電荷 q_2 也正好消除掉 L 球球心處

點電荷 q_1 對 R 球的感應所產生的電位的改變。然而，因為像電荷 q_2 的引進，又會對各自的導體球產生新的感應，又會再產生新的附加電位。為了消除這個新產生的附加電位，必須要在各自的球體內再次引進 q_2 的像電荷 q_3 ，此像電荷的位置及帶電量分別為

$$\begin{cases} d_3 = \frac{R^2}{2R - d_2} = \frac{2R}{3} \\ q_3 = -\frac{Rq_2}{2R - d_2} = \frac{q_1}{3} \end{cases}$$

利用類似的推論， q_3 的引進能夠消除各自對方球體內 q_2 所帶來對導體球電位的改變，但與此同時又會對各自對方導體球產生新的附加電位。為了消除新產生的附加電位，必須再引入新的像電荷 q_4 ，此像電荷的位置及帶電量分別為

$$\begin{cases} d_4 = \frac{R^2}{2R - d_3} = \frac{3R}{4} \\ q_4 = -\frac{Rq_3}{2R - d_3} = -\frac{q_1}{4} \end{cases}$$

如此不斷重複類似過程，可以發現

$$\begin{cases} d_n = \frac{(n-1)R}{n} \\ q_n = (-1)^{n-1} \frac{q_1}{n} \end{cases}$$

上式結果可由數學歸納法予以證明($n = 1, 2, 3, 4$ 均成立)

$$d_{n+1} = \frac{R^2}{2R - d_n} = \frac{R^2}{2R - \frac{n-1}{n}R} = \frac{n}{n+1}R$$

$$q_{n+1} = -\frac{R}{2R - d_n}q_n = -\frac{R}{2R - \frac{n-1}{n}R}(-1)^{n-1}\frac{q_1}{n} = \frac{(-1)^n}{n+1}q_1$$

因此，當 $n \rightarrow \infty$ 時， $q_n \rightarrow 0$ ，額外電位修正的效果趨近於零。因此在系統的電位 V_0 保持不變的情形下，兩導體球的總帶電量為

$$Q = 2 \sum_{n=1}^{\infty} q_n = 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{q_1}{n} = 2q_1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} = 2q_1 \left(1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \cdots\right) = 2q_1 \ln 2$$

所以此系統的電容為 $C = \frac{Q}{V_0} = \frac{2q_1 \ln 2}{\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 R}} = 8\pi\epsilon_0 R \ln 2$

【第三題參考解】

(c) $I_1 = \frac{1}{2} I_0$

(d) 0

(e) $I_1 = \frac{1}{2} I_0$

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

$$I_3 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 (2\alpha)$$

最大值可在 $\alpha = 45^\circ$ 度時得到

(f) 司乃耳定律 (Snell's Law)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

n_2 大

(g) (e-1)

p -與 s -線偏振光的反射係數

$$r_p = \frac{\tan(\theta_1 - \theta_2)}{\tan(\theta_1 + \theta_2)} \quad r_s = -\frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

p -與 s -線偏振光的反射強度

$$R_p = (r_p)^2 = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)} \quad R_s = (r_s)^2 = \frac{\sin^2(\theta_1 - \theta_2)}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)}$$

當反射光只有 s -線偏振光時， $R_p = (r_p)^2 = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)} = 0$ ，可成立條件有：

(1) $\tan^2(\theta_1 - \theta_2) = 0$ 使得 $\theta_1 = \theta_2$

(事實上， $n_1 \neq n_2$ ，所以角度不可能相等，不考慮此解)

(2) $\tan^2(\theta_1 + \theta_2) = \infty$ 使得 $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ \dots\dots$ 得證

(e-2)

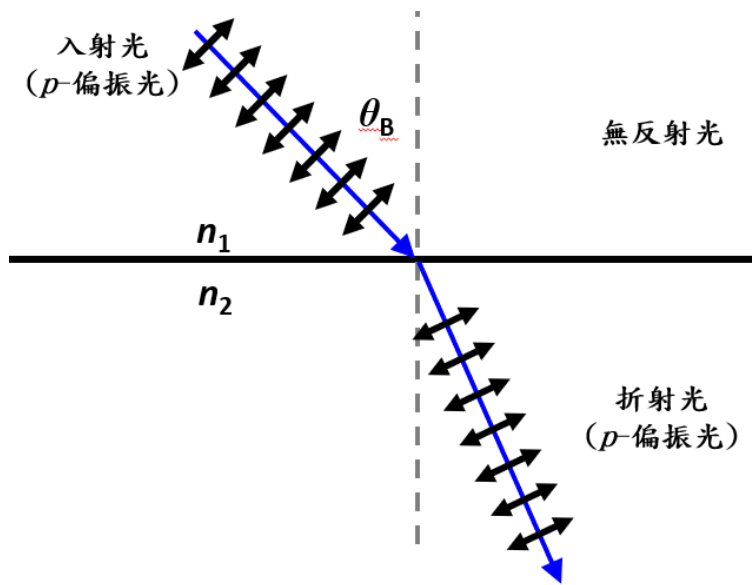
結合 $\theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$

與 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

得知 $n_1 \sin \theta_B = n_2 \sin(90^\circ - \theta_B) = n_2 \cos \theta_B$

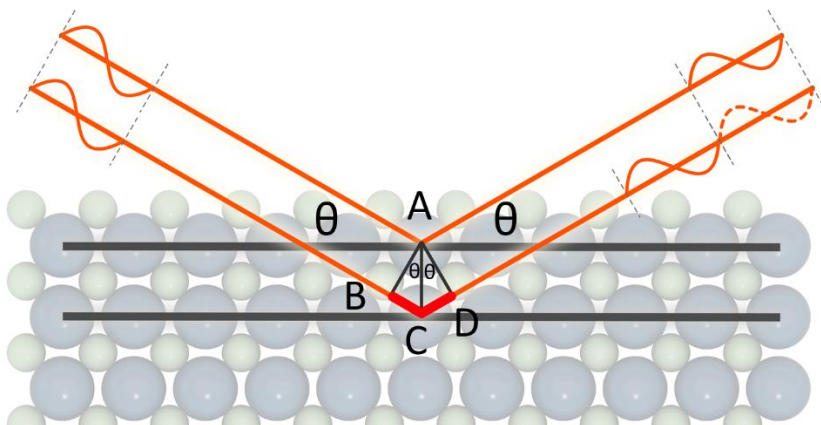
所以 $\theta_B = \tan^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

(h)



【第四題參考解】

(e) (Bragg's Law)



在有序排列的晶體當中，不同原子層晶面間的間距固定，入射光可以被任何一層原子而反射，但只有入射光行經距離為波長的整數倍時可以互相作用形成建設性干涉，由上圖，被第一層原子反射和被二層原子反射的光之光程差為 $BC+CD$ ，且 $BC+CD=n\lambda$ 。又 $BC=CD=d\sin\theta$ ，故 $n\lambda=2d\sin\theta$ 。

(f) 根據 Bragg's Law 及實驗的幾何，得到建設性干涉的條件為

$$n\lambda=2d\sin(90^\circ-\varphi/2)$$

$$n=1, \varphi=50^\circ, d=0.091 \text{ nm 代入可得 } \lambda=0.165 \text{ nm}$$

(若不能帶計算機可給 $\sin 50^\circ, \sin 25^\circ, \sin 65^\circ, \sin 40^\circ$ 讓學生挑選代入)

$$(g) p=(2mKE)^{1/2}=[(2)(9.1\cdot 10^{-31} \text{ kg})(54 \text{ eV})(1.6\cdot 10^{-19} \text{ J/eV})]^{1/2}=4.0\cdot 10^{-24} \text{ kg.m/s}$$

$$\lambda=h/p=(6.63\cdot 10^{-31} \text{ J.s})/(4.0\cdot 10^{-24} \text{ kg.m/s})=1.66\cdot 10^{-10} \text{ m}=0.166 \text{ nm}$$

【第五題參考解】

(a) 1 to 2 : $\Delta W_{12} = 0$,

$$2 \text{ to } 3 : \Delta W_{23} = nRT \ln(V_3/V_2) = 8.3145 \times 400 \times \ln 5 \text{ J} = 5.353 \times 10^3 \text{ J} ,$$

$$3 \text{ to } 4 : \Delta W_{34} = 0 ,$$

$$4 \text{ to } 1 : \Delta W_{41} = nRT \ln(V_1/V_4) = 8.3145 \times 300 \times \ln(1/5) \text{ J} = -4.015 \times 10^3 \text{ J} ,$$

(b) 1 to 2 : $\Delta Q = \Delta U_{12} = C_V \Delta T = 3/2 nR \times \Delta T = 1.5 \times 8.3145 \times 100 \text{ J} = 1.247 \times 10^3 \text{ J} ,$

$$2 \text{ to } 3 : \Delta Q = \Delta W_{23} = nRT \ln(V_3/V_2) = 8.3145 \times 400 \times \ln 5 \text{ J} = 5.353 \times 10^3 \text{ J} ,$$

$$3 \text{ to } 4 : \Delta Q = \Delta U_{34} = C_V \Delta T = 3/2 nR \times \Delta T = 1.5 \times 8.3145 \times (-100) \text{ J} = -1.247 \times 10^3 \text{ J} ,$$

$$4 \text{ to } 1 : \Delta Q = \Delta W_{41} = nRT \ln(V_1/V_4) = 8.3145 \times 300 \times \ln(1/5) \text{ J} = -4.015 \times 10^3 \text{ J} ,$$

(c) 性能係數 $= Q_{in} / \Delta W_{out} = [(1.247 + 5.353) \times 10^3 \text{ J}] / [(5.353 - 4.015) \times 10^3 \text{ J}] = 1.338 / 6.600 / 1.338 = 4.933$

(一般的性能係數定義 $= \Delta W_{out} / Q_{in}$

$$= [(5.353 - 4.015) \times 10^3 \text{ J}] / [(1.247 + 5.353) \times 10^3 \text{ J}] = 1.338 / 6.600 = 0.2027)$$

(d) 否。定容過程中，因為接觸熱庫，溫度變化非準靜過程，造成不可逆過程。或是一個熱循環的熵大於零。

(可逆熱機 $\Delta W_{out} / Q_{in} = 1 - T_1/T_2 = 0.25$ ，不可逆過程將導致 $\Delta W_{out} / Q_{in}$ 小於可逆熱機。)

玖、成績統計

筆試一得分統計表（滿分 150 分，每題 30 分）

排名	第一題	第二題	第三題	第四題	第五題	合計
1	24	30	30	30	14	128
2	28	30	15	30	10	113
2	24	30	20	24	15	113
4	24	30	26	30	1	111
5	30	30	10	30	10	110
6	18	25	15	30	19	107
7	16	30	30	30	0	106
8	30	30	15	27	2	104
8	30	15	28	30	1	104
10	20	30	2	30	19	101
11	25	30	6	30	7	98
11	24	23	20	16	15	98
13	19	28	10	30	10	97
14	12	30	20	30	4	96
15	24	30	20	21	0	95
16	12	25	25	19	11	92
17	30	30	1	30	0	91
18	18	10	16	30	14	88
18	3	30	25	19	11	88
18	20	30	10	18	10	88
18	20	30	10	18	10	88
22	28	10	8	30	11	87
23	5	30	15	26	10	86
24	3	30	10	30	11	84
24	26	25	23	10	0	84
26	12	15	10	30	13	80
27	5	30	13	30	1	79
28	26	15	10	26	0	77
29	14	30	10	22	0	76
30	16	30	9	17	1	73
31	10	10	25	13	12	70
32	10	30	10	19	0	69
33	28	15	10	12	0	65
34	10	10	15	28	1	64
35	5	30	13	15	0	63
36	5	10	22	22	2	61
37	5	30	6	16	0	57
38	2	25	10	13	4	54
38	5	15	7	26	1	54
40	12	20	5	10	6	53
41	3	25	10	12	1	51
42	5	15	13	10	0	43
43	0	30	3	6	3	42
44	5	15	2	10	1	33
45	12	10	0	10	0	32
46	1	10	10	7	0	28
47	5	20	0	2	0	27
48	0	8	0	0	0	8

筆試二得分統計表（滿分 150 分，每題 30 分）

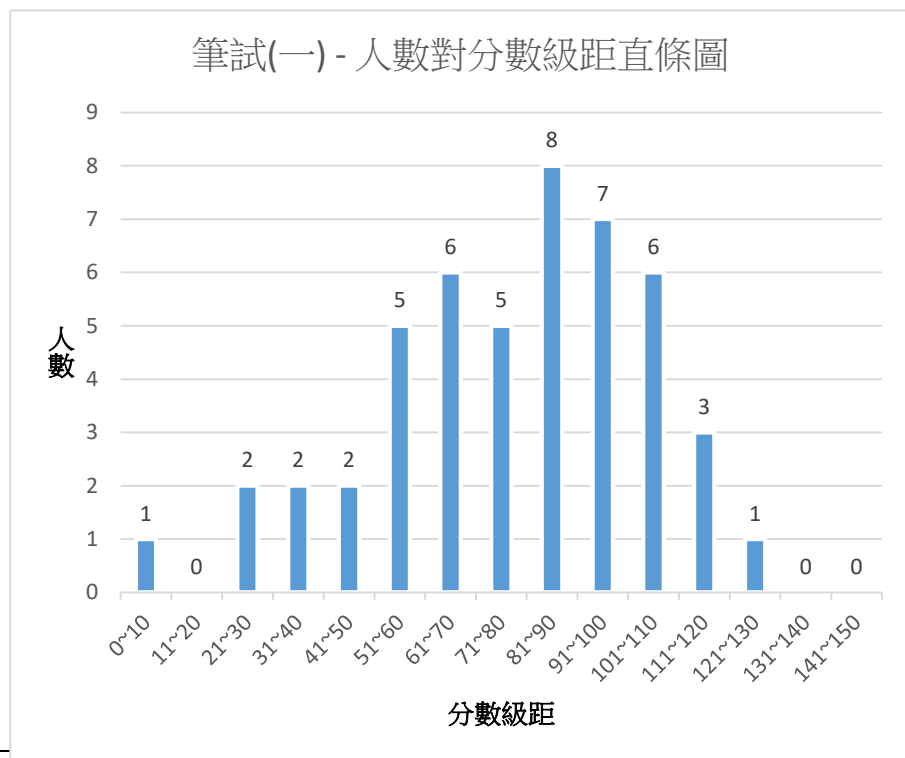
排名	第一題	第二題	第三題	第四題	第五題	合計
1	30	30	28	30	26	144
2	26	26	30	30	14	126
3	26	22	30	30	14	122
4	28	30	30	10	22	120
5	16	20	30	30	22	118
5	24	28	30	10	26	118
5	28	18	30	20	22	118
8	30	18	25	30	14	117
9	24	14	30	30	18	116
10	12	22	30	25	26	115
11	24	30	24	20	14	112
12	28	2	27	30	24	111
13	12	22	30	30	14	108
13	26	8	25	19	30	108
15	12	18	28	30	18	106
15	16	18	30	20	22	106
17	6	18	29	30	22	105
18	28	12	16	30	18	104
19	29	16	26	20	12	103
20	6	18	30	30	18	102
20	8	18	30	20	26	102
22	12	17	30	20	22	101
23	2	16	30	30	22	100
24	10	18	30	30	11	99
25	18	18	18	20	22	96
25	24	0	30	20	22	96
27	26	18	30	10	10	94
27	8	17	25	30	14	94
27	12	18	30	20	14	94
30	14	18	30	20	11	93
31	12	6	14	30	26	88
32	12	12	25	20	18	87
32	12	18	26	20	11	87
32	28	2	15	20	22	87
35	28	2	23	10	22	85
36	12	8	30	30	4	84
37	20	0	24	25	8	77
38	26	6	21	10	11	74
39	21	18	17	0	14	70
40	12	0	15	20	18	65
41	21	0	9	20	14	64
42	6	6	23	10	14	59
43	12	0	14	30	0	56
44	10	0	20	20	0	50
45	0	2	9	30	0	41
45	16	0	15	10	0	41
47	16	0	11	5	4	36
48	10	0	9	0	0	19

實驗得分統計表（滿分 150 分）

排名	分數
1	145
2	140
3	135
4	133
5	130
5	130
7	120
8	119
9	113
10	108
10	108
10	108
13	100
14	93
14	93
14	93
17	90
18	85
19	80
19	80
21	77
22	75
22	75
24	70
25	68
26	60
26	60
26	60
29	55
29	55
31	53
32	50
33	45
34	40
34	40
36	38
36	38
38	35
38	35
38	35
41	33
42	25
43	22
44	15
44	15
46	13
47	10
48	5

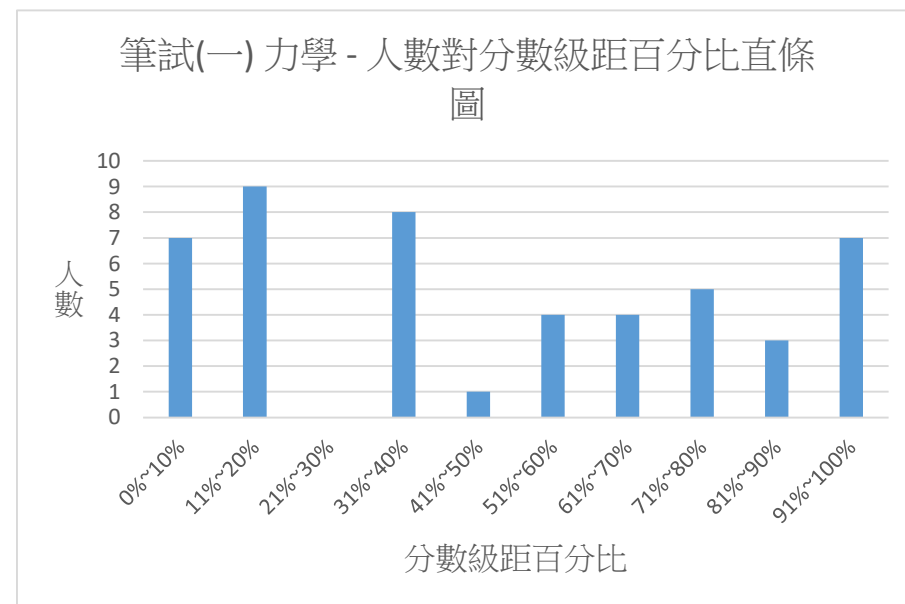
筆試一

分數級距	人數
0~10	1
11~20	0
21~30	2
31~40	2
41~50	2
51~60	5
61~70	6
71~80	5
81~90	8
91~100	7
101~110	6
111~120	3
121~130	1
131~140	0
141~150	0



筆試一 第一題

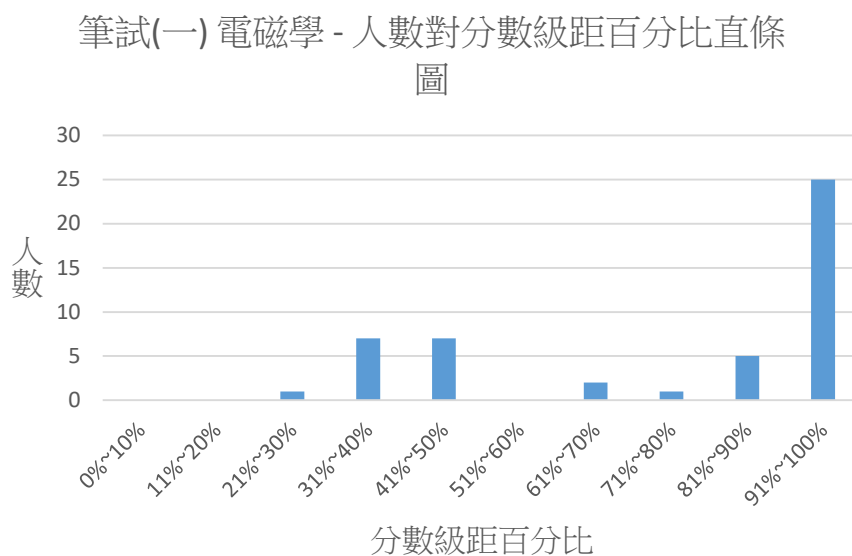
分數級距	人數
0%~10%	7
11%~20%	9
21%~30%	0
31%~40%	8
41%~50%	1
51%~60%	4
61%~70%	4
71%~80%	5
81%~90%	3
91%~100%	7



筆試一 第二題

分數級距	人數
0%~10%	0
11%~20%	0
21%~30%	1
31%~40%	7
41%~50%	7
51%~60%	0
61%~70%	2
71%~80%	1
81%~90%	5
91%~100%	25

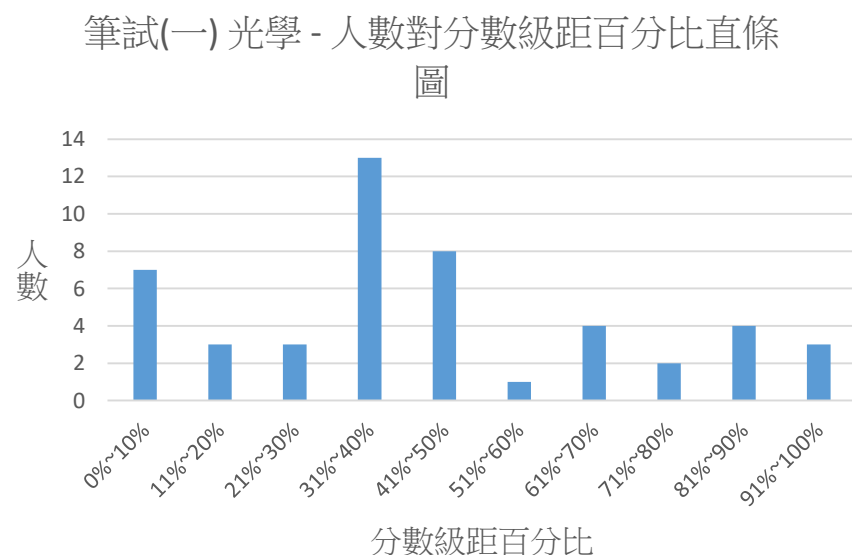
48



筆試一 第三題

分數級距	人數
0%~10%	7
11%~20%	3
21%~30%	3
31%~40%	13
41%~50%	8
51%~60%	1
61%~70%	4
71%~80%	2
81%~90%	4
91%~100%	3

48

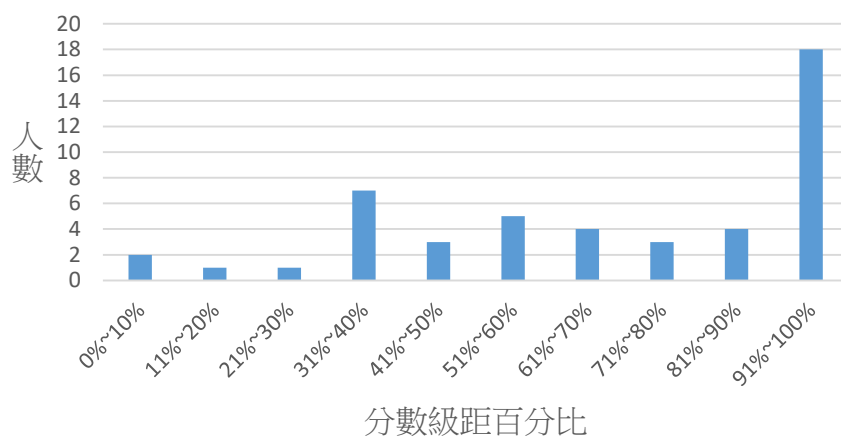


筆試一 第四題

分數級距	人數
0%~10%	2
11%~20%	1
21%~30%	1
31%~40%	7
41%~50%	3
51%~60%	5
61%~70%	4
71%~80%	3
81%~90%	4
91%~100%	18

48

筆試(一) 波動 - 人數對分數級距百分比直條圖

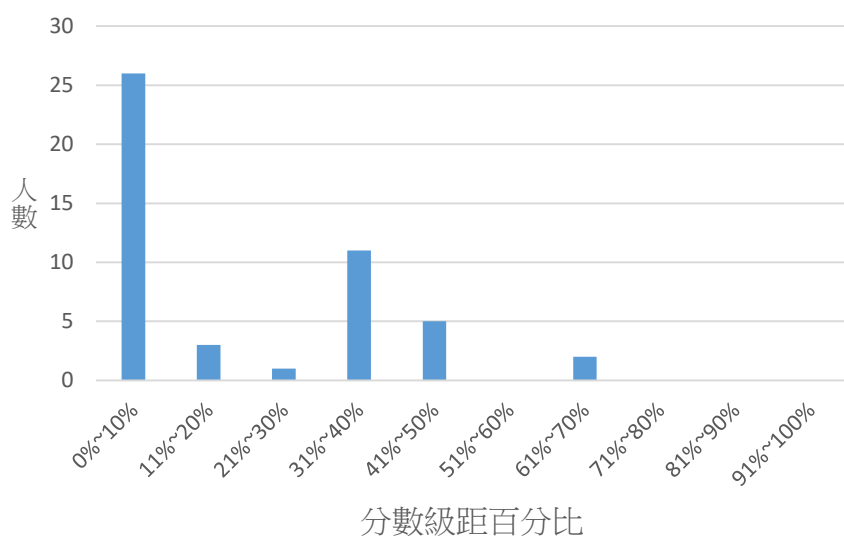


筆試一 第五題

分數級距	人數
0%~10%	26
11%~20%	3
21%~30%	1
31%~40%	11
41%~50%	5
51%~60%	0
61%~70%	2
71%~80%	0
81%~90%	0
91%~100%	0

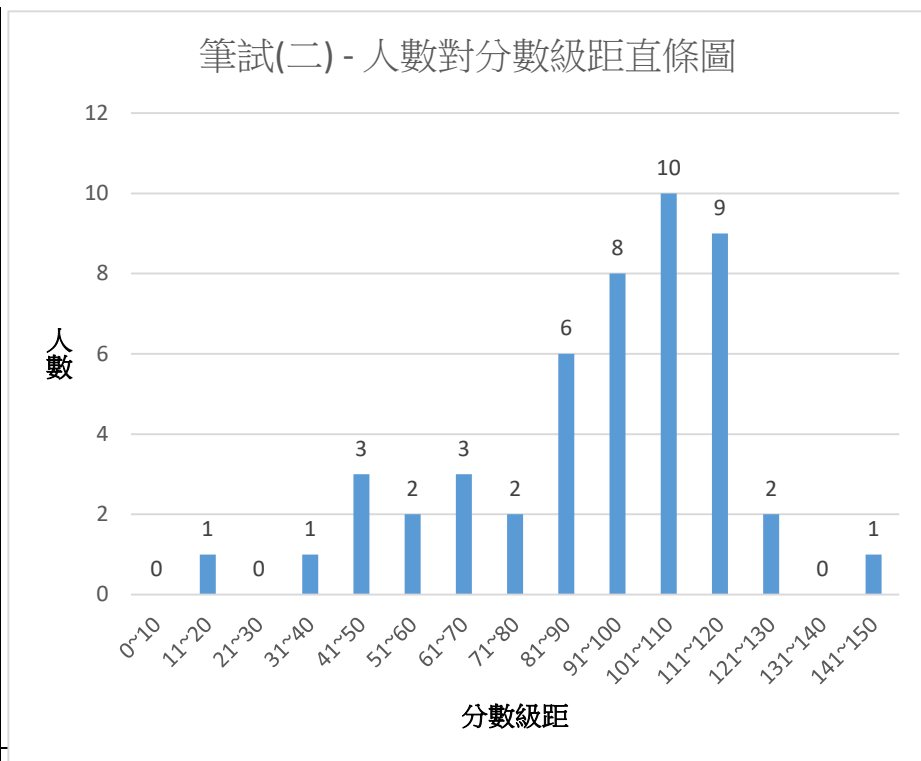
48

筆試(一) 熱學 - 人數對分數級距百分比直條圖



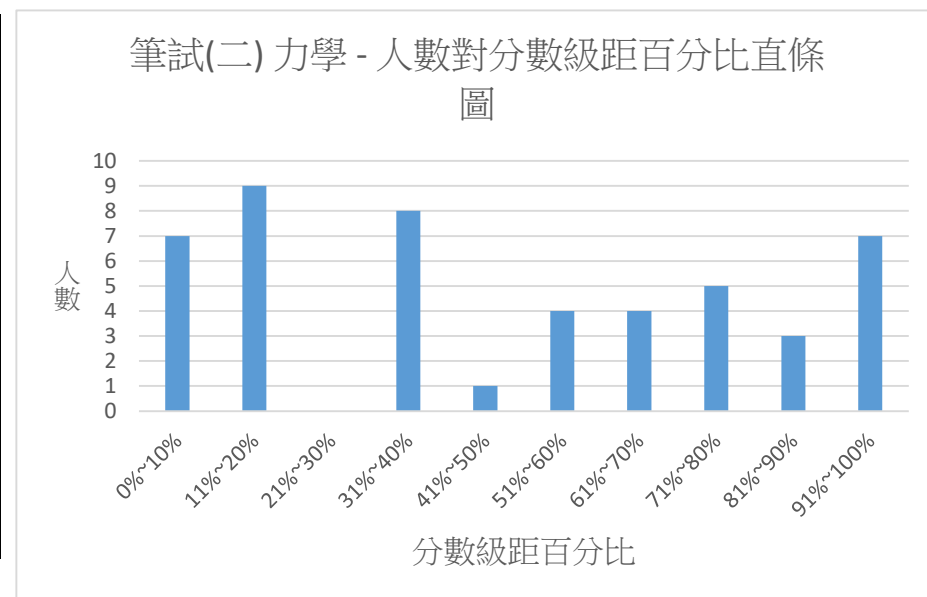
筆試二

分數級距	人數
0~10	0
11~20	1
21~30	0
31~40	1
41~50	3
51~60	2
61~70	3
71~80	2
81~90	6
91~100	8
101~110	10
111~120	9
121~130	2
131~140	0
141~150	1



筆試二 第一題

分數級距	人數
0%~10%	7
11%~20%	9
21%~30%	0
31%~40%	8
41%~50%	1
51%~60%	4
61%~70%	4
71%~80%	5
81%~90%	3
91%~100%	7



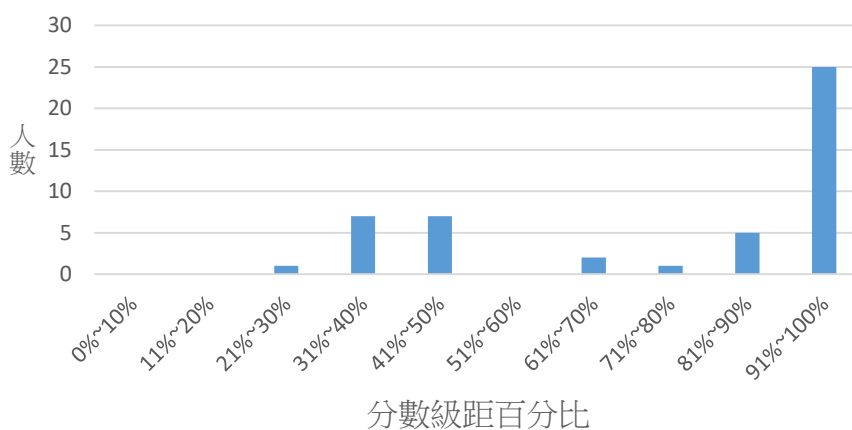
48

筆試二 第二題

分數級距	人數
0%~10%	0
11%~20%	0
21%~30%	1
31%~40%	7
41%~50%	7
51%~60%	0
61%~70%	2
71%~80%	1
81%~90%	5
91%~100%	25

48

筆試(二) 電磁學 - 人數對分數級距百分比直條圖

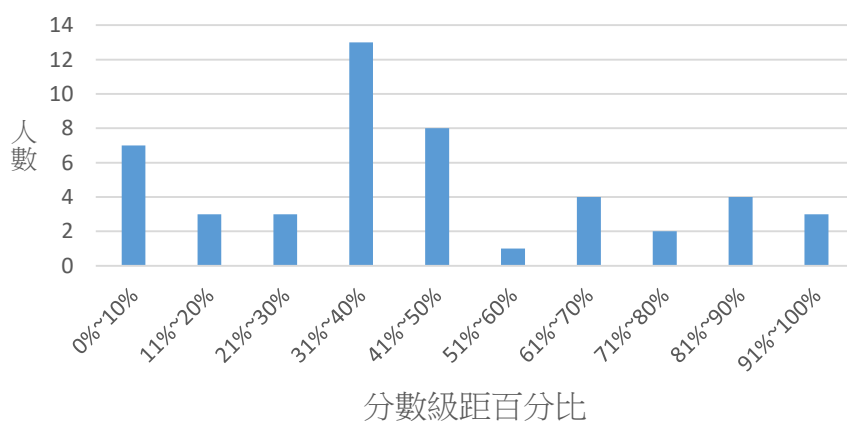


筆試二 第三題

分數級距	人數
0%~10%	7
11%~20%	3
21%~30%	3
31%~40%	13
41%~50%	8
51%~60%	1
61%~70%	4
71%~80%	2
81%~90%	4
91%~100%	3

48

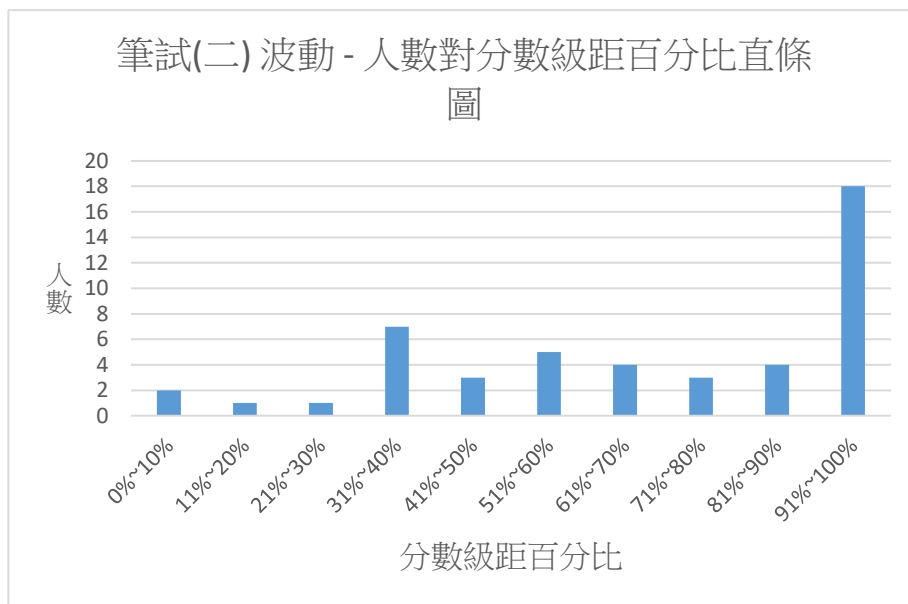
筆試(二) 光學 - 人數對分數級距百分比直條圖



筆試二 第四題

分數級距	人數
0%~10%	2
11%~20%	1
21%~30%	1
31%~40%	7
41%~50%	3
51%~60%	5
61%~70%	4
71%~80%	3
81%~90%	4
91%~100%	18

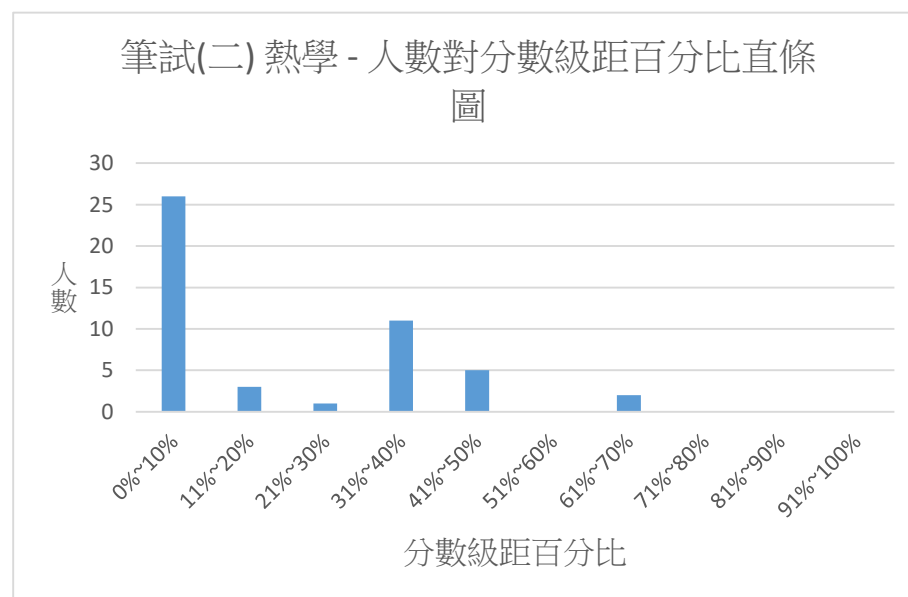
48



筆試二 第五題

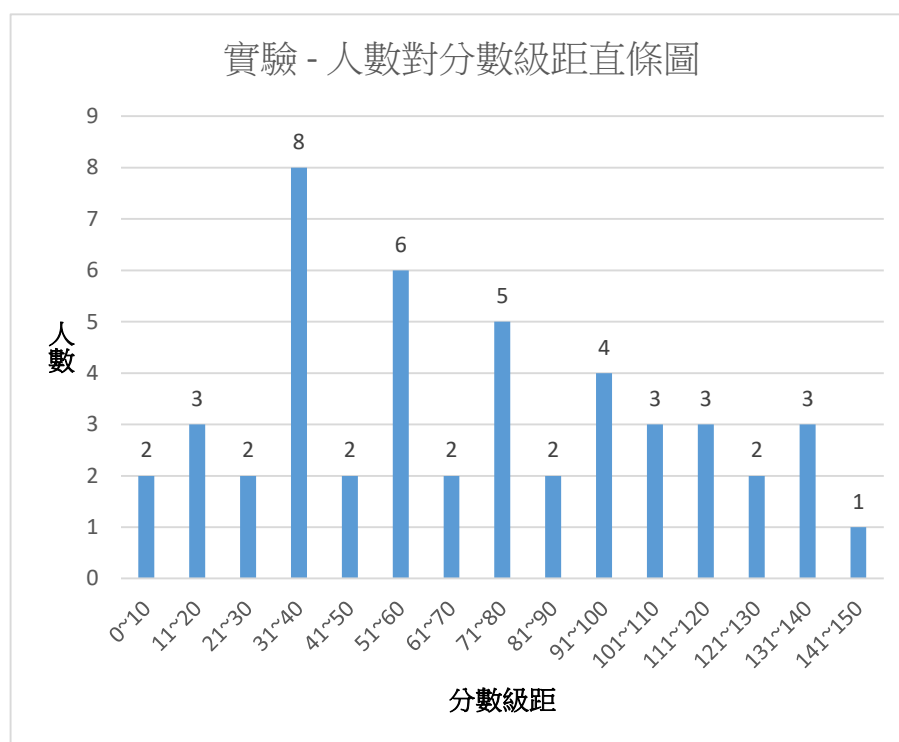
分數級距	人數
0%~10%	26
11%~20%	3
21%~30%	1
31%~40%	11
41%~50%	5
51%~60%	0
61%~70%	2
71%~80%	0
81%~90%	0
91%~100%	0

48



實驗

分數級距	人數
0~10	2
11~20	3
21~30	2
31~40	8
41~50	2
51~60	6
61~70	2
71~80	5
81~90	2
91~100	4
101~110	3
111~120	3
121~130	2
131~140	3
141~150	1



拾、獲獎名次

111 學年度普通型高級中等學校數理及資訊學科能力競賽物理科決賽優勝名單

名次	編號	學生姓名	就讀學校	指導老師	等第
1	2	黃紹凱	臺北市立建國高級中學	劉國棟	第一等獎
2	24	江履方	臺北市立建國高級中學	劉國棟	第一等獎
3	19	曾奕豪	國立嘉義高級中學	黃進昌	第一等獎
4	23	張誠光	國立新竹科學園區實驗高級中等學校	游敏	第二等獎
5	29	陳彥霖	臺北市立建國高級中學	朱正明	第二等獎
6	48	李科雋	彰化縣私立精誠高級中學	楊一郎	第二等獎
7	14	鍾佳聿	國立臺灣師範大學附屬高級中學	潘冠錡	第二等獎
8	26	毛彥翔	國立臺灣師範大學附屬高級中學	黃裕修	第二等獎
9	41	劉祐成	高雄市立高雄高級中學	張峻輔	第二等獎
10	1	賴禹衡	臺中市立臺中第一高級中等學校	徐健倫	第二等獎
11	45	林佑亭	臺北市立第一女子高級中學	簡麗賢	第三等獎
12	15	吳孟峰	國立新竹科學園區實驗高級中等學校	陳其威	第三等獎
13	6	李承恩	臺中市立臺中第一高級中等學校	賴奕豪	第三等獎
14	39	卓聿豐	臺中市立臺中第一高級中等學校	徐健倫	第三等獎
15	17	蕭鼎霖	國立新竹科學園區實驗高級中等學校	游敏	第三等獎
16	36	陳子彬	高雄市立高雄高級中學	張峻輔	第三等獎
17	35	吳席綸	臺北市立建國高級中學	陳泓志	第三等獎
18	44	陳朋葳	臺中市立臺中第一高級中等學校	楊憲忠	第三等獎
19	9	吳昀諺	臺中市立臺中第一高級中等學校	徐健倫	第三等獎
20	49	袁律恆	高雄市立高雄高級中學	黃炫碩	第三等獎
21	33	施佳妍	臺北市立第一女子高級中學	張清俊	佳作
22	40	羅啟倫	桃園市立武陵高級中等學校	游彥辰	佳作
23	25	王兆國	彰化縣私立精誠高級中學	胡誌峰	佳作
24	34	宋昱宣	國立鳳山高級中學	呂坤陞	佳作
25	46	黃羿夫	國立臺南第一高級中學	汪登隴	佳作
26	38	李佳璋	國立臺南第一高級中學	鄭聖璋	佳作
27	12	徐子翔	臺北市立建國高級中學	朱正明	佳作

拾壹、參賽心得



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供實質意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

先就身為匠製底菜編，再以口試攝姐的身分，我應該對於試題沒有太多的結構性，且意見也不為其有參考價值，所以還是請你們多多考慮電押們的觀點吧！在此就不多對試題有所評論了~抱歉啦！

二、第二天(12/22)實驗試題：

但是，我還是想分享一下這三天實驗的心得。首先，我們在試題設計時有預料一些知識外，也融入現在考試沒有知識的有趣題目，但是對我而言還有一定難度的，像是半徑的第五題和半徑二的第二題。接著，歐陽一當面在心算層面也獲得了不少成長，比如心理測試和心理問題方面，在實驗測試時，因為我不知道該怎麼接，所以心態整個崩潰了，但是後來還是有試著調整過來。還有，我發現一些大人在表達他們的觀點和闡述問題時，口條非常清晰，能夠把他們的想法表達的很清楚，我想這也是我們以學習的地方，然後，是更真的跟學弟和關心能夠和那位有共同興趣和專業的人齊聚一堂，真的很有趣！

三、第二天(12/22)筆試試題：

我前面還有一定難度的，像是半徑的第五題和半徑二的第二題。接著，歐陽一當面在心算層面也獲得了不少成長，比如心理測試和心理問題方面，在實驗測試時，因為我不知道該怎麼接，所以心態整個崩潰了，但是後來還是有試著調整過來。還有，我發現一些大人在表達他們的觀點和闡述問題時，口條非常清晰，能夠把他們的想法表達的很清楚，我想這也是我們以學習的地方，然後，是更真的跟學弟和關心能夠和那位有共同興趣和專業的人齊聚一堂，真的很有趣！

四、第三天口試(12/22)：

五、生活起居照顧感受：

最後，在三大飲食起居方面感受到滿滿的溫暖與愛，很感謝這場比賽的舉辦人員和輔導老師，讓我們有一個很棒的比賽經驗。(實地來的後援組員們好棒XD)



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供實質意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

卡洛倫坡那題最難，發現題目的題目跟說很簡單，是個「送分題」的確是送分題，不過定義可能不太一樣，先學日最大值那題，我不懂教授的思路，那題其實很簡單，三、四個算式就解出來了，但看著他執著的個性，我應該會被扣不少分，即使我的答案是正確的。

二、第二天(12/22)實驗試題：

看完講解才知道自己其實有很多東西沒做好，像是金屬線溫度計，冷劑，校正多次測量，裡面我最困難的是冷劑，冷劑的定義和為什麼是-8~-10℃我都不懂。

三、第二天(12/22)筆試試題：

這場考試我學到蠻多的，鏡像法，偏振之類的，有點邊看題目邊學習，題目頗有難度的。

四、第三天口試(12/22)：

我最喜歡的部分，問的問題沒什麼正確答案，但都值得思考，像是沈淑為什麼在中間，整個過程很像聊天，很輕鬆。

五、生活起居照顧感受：

整體來說還不錯，除了兩天晚餐我不喜歡，其它都很好，謝謝那些隊輔們，他們很辛苦。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供實質意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

緊要題好難

二、第二天(12/22)實驗試題：

好麻煩

三、第二天(12/22)筆試試題：

不準靜過輕就不正確呢

四、第三天口試(12/22)：

真的不知道為什麼材料一堆，波也聽很多，都會集中到中間。

五、生活起居照顧感受：

不錯，不過區區自強憑什麼那麼強。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供實質意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

考的內容很有深度，對我來說很困難。

二、第二天(12/22)實驗試題：

考的內容很難，要做的實驗很多，差點做不完。

三、第二天(12/22)筆試試題：

考的內容也很難，很多不會。

四、第三天口試(12/22)：

問的問題很難，都不知道怎麼回答。

五、生活起居照顧感受：

好吃，飯後很好。

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

最後題有點難

二、第二天(12/22)實驗試題：

時間有點緊迫，要求出斜率有點難用和計算機得出

三、第二天(12/22)筆試試題：

第三題出得好，有引導，可以更加了解物理，也引發思考

四、第三天口試(12/22)：

教授都很親切，人也都很好，說不出來的時候也都會引導

五、生活起居照顧感受：

都很好，除早餐都吃麵食。

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

利用高中學到的知識推出每小題的答案，解出答案的過程中也和不覺地學了一些新知識。

二、第二天(12/22)實驗試題：

運用生活中隨手可得的物品推導出電壓與電位差的關係，再設計出一種測量溫度的方法，十分新奇有趣。

三、第二天(12/22)筆試試題：

題目非常生活化，用高中學到的理論物理應用在實際生活，讓物理不再是寫在紙上的知識。

四、第三天口試(12/22)：

與教授交流的過程中，不僅讓我學習到如何表達自己，也換來自己的真知，是個得本不易的經驗。

五、生活起居照顧感受：

住宿、餐點都很滿足，陪輔也很貼心，讓我們可以專心在本次競賽上。

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

1. 相當有難度，可刺激思考
2. 部份題目遠超過高中課綱

二、第二天(12/22)實驗試題：

1. 概念相當深奧，富有實用性
2. 三用電表好難用

三、第二天(12/22)筆試試題：

同一。

四、第三天口試(12/22)：

教授相當和善，不會有大大壓力

五、生活起居照顧感受：

1. 陪輔及老師都很親切，生活上的難事都處理的非常完善，讓我們無需勞神於此。
2. 居住的飯店相當乾淨，並且空間寬敞，足以讓人放鬆身心
3. 唯一的小缺憾是飯店周圍店家有點少，且陪談車來回的時間有點長

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

題目難易適中，最後一題光子氣體比較難，也可以從題目學習到概念。

二、第二天(12/22)實驗試題：

實驗原理不難，但過程的小細節容易疏忽，例如要把電路連接好，或讓溫差增加以提升準確度。

三、第二天(12/22)筆試試題：

題目難易適中。

四、第三天口試(12/22)：

教授問題有深度，有一些乍看之下很簡單的問題卻不一定能夠當場明瞭地說明。

五、生活起居照顧感受：

提供的食物很好，去便利商店也很方便。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

我覺得第一天的筆試比較難，而且考試的椅子真的不好坐，屁股會痛，但有個人空間很酷。

二、第二天(12/22)實驗試題：

這次的實驗很貼心，在寒冷的冬天給我們一直熱水暖手，但是冰塊雖然放在保溫瓶，真正要用也是真的給暖了，融化了一大部分，此外，熱水其實沒有像教授預期的那麼高溫，我們也不可能一直測最前面溫度最低的熱水，希望可以考慮這些因素進入。

三、第二天(12/22)筆試試題：

這天的筆試比較能理解教授提問的是什麼，雖然也有不能只是說比較不緊張了。

四、第三天口試(12/22)：

教授人都很好的，會慢慢引導，但是有點好奇這麼多不同的教授問不一樣的問題，還高聲有盡量公平。

五、生活起居照顧感受：

住飯店滿舒服的，但浴室的環境是透明的部分有點奇怪，餐廳都不錯吃，但廁所101的桌子有夠臭，東西會一直掉下去。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

我大受挫

二、第二天(12/22)實驗試題：

超挫，我完全不行

三、第二天(12/22)筆試試題：

我不會熱力學

我不會可逆熱機

四、第三天口試(12/22)：

你你你

我不會難我

五、生活起居照顧感受：

一般掉



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

對第一題的太空艙衛星印象很深刻，3次跟比2次跟的101還小的結果有嚇到我，也許未來太空相關科系時派的上用場

二、第二天(12/22)實驗試題：

第一次在實驗室用三用電表，也首次認識溫度電動勢這個現象，器材簡單，回家也能做

三、第二天(12/22)筆試試題：

偏重振片的題目乍看很嚇人，但過程引導讓整個觀念變得很清晰，作答起來很舒服的好題

四、第三天口試(12/22)：

一對一超緊張，結果就是什麼都說不好...教授們倒是人很好，只是我自己害自己緊張

五、生活起居照顧感受：

環境超穩，冬天還有附湯圓，很用心，輔導學長姐和教授們都辛苦了！



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

非常有挑戰

二、第二天(12/22)實驗試題：

題目好多

三、第二天(12/22)筆試試題：

兩次題目的計算量差太大

四、第三天口試(12/22)：

十分令人緊張

五、生活起居照顧感受：

good

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

我覺得這兩天的筆試都能感受到教授很認真地出題，題目大多從普物課本中的觀念出發；

二、第二天(12/22)實驗試題：

實驗全部都圍繞起來真的良辰心，不管像在地區賽一樣受對面的人的影響，題不但很新奇，不是傳統的運動學或光學。

三、第二天(12/22)筆試試題：

大綱目第一場筆試

四、第三天口試(12/22)：

五、生活起居照顧感受：

整體安排都很不錯，晚餐很好吃

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

力學很友善，數學有點看不大懂(前面2題)
希望大部份題目能分成不同小題，或者能再更詳述題目

二、第二天(12/22)實驗試題：

希望公式題和作答本能分開，否則有黑點難作答

三、第二天(12/22)筆試試題：

希望能保持這種難度

四、第三天口試(12/22)：

口試名單希望能一開始就給

五、生活起居照顧感受：

休息室沒有網路(訊號)
桌子有點臭

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

讚

二、第二天(12/22)實驗試題：

讚

三、第二天(12/22)筆試試題：

讚

四、第三天口試(12/22)：

讚

五、生活起居照顧感受：
環境舒適、空間寬敞。
膳食豐富、料多味美。
起居照顧無微不至。

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

忘了

二、第二天(12/22)實驗試題：

前一天晚上還在祈禱實驗不要有電或水，結果2個一起來，而且居然沒有理論指導的部分，直接給熱水是真的很燙，其它部分操作起來還是蠻順的

三、第二天(12/22)筆試試題：

兩題計算錯，都是三倍，真的哭死。
難度的部分說筆試一種另一套，只是最簡單的第一題卻卡了我整整4分，因為我分不出在題目中的哪個量是未知的，結果居然全部是已知的，是條件給 too much，有夠虧，花了20幾分鐘算題

四、第三天口試(12/22)：

和教授聊天聊的很开心

五、生活起居照顧感受：
飯店的部分超讚！環境十分舒適，晚上個人時間也是夠多，飲食的部分也十分不錯，每一餐都很好吃，只是晚餐後飲的時間有點短，拿到飯店後都涼掉了。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

第5題熱立可再多加一點背景知識

二、第二天(12/22)實驗試題：

內容敘述可以更完整 Ex. T, 右下側邊

三、第二天(12/22)筆試試題：

4. 目標法需更明確

四、第三天口試(12/22)：

教授人都很好，無改善之處

五、生活起居照顧感受：

1. 簡體貼，生活雜事都幫我們處理好，很感謝他們
2. 飯店乾淨，伙食良好
3. 教授很親切，可供我們發問、討論



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

題目有點奇怪，考的點都不太像是需要思考的

二、第二天(12/22)實驗試題：

敘述可以再加碼，例如 Part 2 (c) 我以為是又需要 Part 1 (c) 和 Part 2 (b) 作比較，然而需要設計一個實驗的

三、第二天(12/22)筆試試題：

最後一題解答很怪，有 P-V 圖還說這是非準靜過程！

四、第三天口試(12/22)：

很有趣，但是相對論電磁場那场口試時間不足

五、生活起居照顧感受：

冷氣好吵，我睡不著



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

題目都易題中，有不少內容能引人深思，很有趣。

二、第二天(12/22)實驗試題：

認識到靜電效应的概念和製作上要注意的點，覺得收穫很多！

三、第二天(12/22)筆試試題：

題目有些簡單，但其它同學提出的問題也該我能再次檢視自己想錯的內容和得到新的感悟。

四、第三天口試(12/22)：

教授提出的問題有很多都不好想，在考場上才重新了解很多理論，概念的矛盾解釋。有感覺到自己的能力再次重新鞏固了！

五、生活起居照顧感受：

我覺得菜上菜長姊都很照顧大家，生活起居都覺得很好，飲食也很不錯！



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

題目都挺基本的，不過真的要很細心……

二、第二天(12/22)實驗試題：

我覺得一個大題中沒有其他小題會很難做出出題老師期待的方法和過程

三、第二天(12/22)筆試試題：

我覺得偏簡單，(第一題每點真的太多了www)

四、第三天口試(12/22)：

我覺得很不錯，問的問題讓我們思考不過感覺有些拘的大開放！不知道要往什麼方向想了

五、生活起居照顧感受：

住飯店就是舒服



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

對我來說第一天的筆試難度相當高，主要是因為題目中許多觀念是我不知道的，但我還是以我目前所知道的去作答。
盡力

二、第二天(12/22)實驗試題：

我覺得實驗的內容相當有趣，但可能是因為我對這方面不熟悉，所以我做起来感覺很卡。

三、第二天(12/22)筆試試題：

相較於第一天的筆試試題，我覺得第二天的題目比較簡單，裡面只有第二題是我完全不知道該如何下手，其餘的除了計算錯誤沒太大問題。

四、第三天口試(12/22)：

教授人很好，所以口試時沒有什麼壓迫感，我覺得這樣。

五、生活起居照顧感受：

飯店和餐食等都沒問題。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

很難，不知道在寫什麼，聽教授說這是送分題，可能是我太笨了

二、第二天(12/22)實驗試題：

很難，不知道在寫什麼，聽教授說好像都比較簡單，輸光，徹底結束了

三、第二天(12/22)筆試試題：

比較簡單一點，但是好難。

四、第三天口試(12/22)：

第一個教授完全在跟我聊天，超讚。
我以為他也是在聊天，結果一進去就被問，再次輸光

五、生活起居照顧感受：

很好睡，高雄很溫暖，晚餐很好吃。

(這還有100字嗎?)



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

由於沒有接受過正規的物理訓練，打从一开始我就抱持著開闢眼界、學測前最後的放鬆來參加這次比賽。結果果然被電爛，靠著僅有的高中物理知識，筆試幾乎全錯，不過也讓我認識到神人們的強大。

二、第二天(12/22)實驗試題：

在教授講解時認知到我的電表使用方式錯誤後，我就知道這次實驗去了。

三、第二天(12/22)筆試試題：

這場筆試好像有比上場有一點，會寫的題目變多，但還是比不上接近滿分的電人們。這次總算有完整解完一道題了，也學到了很多獨特的解題技巧。

四、第三天口試(12/22)：

教授們人都很好，對我的過程中沒有感到壓力，反而像是與朋友聊天一樣，問題也不會太難，三天的考試總算是圓滿結束。

五、生活起居照顧感受：

感謝隊輔們的細心照顧以及教授們的指導，讓我在學測前能有這麼寶貴的經驗！但是早餐的部分不行，全部都是麵包，營養不均衡，還有大廳的收訊也不好，體會到二十一世紀科技被剝奪的感受，希望可以再改善。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

頗具深度與技巧性，但需多注意詞彙表達，例如一題問及「小漏完的過程中產生幾次失鳴」，但最後一次發生於水全部漏完後，題目被「忽略」比四分之一以下小量，也未曾明確指出是否「雙杯水漏」完時順便漏完，希望出题者未來可多加注意這部分

二、第二天(12/22)實驗試題：

操作量大，電表變數多，調和水溫耗時，環境因素實驗風格

三、第二天(12/22)筆試試題：

整體偏易，但如有時間發現第一題半路走g，
特地把 $\frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{9} \times \frac{1}{m} \times \frac{1}{4} \times (x_1 x_2) \ln 2 - \frac{1}{2} \left(\frac{x_1}{a \cos \theta} \right)^2$ 變成 $\frac{1}{2} \times \frac{x_1^2}{a^2} \ln 2$ ，
不確定是否為設計還是出題的疏漏

四、第三天口試(12/22)：

剛好考到我最擅長的色學，又不小心講到完全沒使用過的設計刀等，爆了

五、生活起居照顧感受：

隊輔同鄉都不相相處，伙食也不錯，飯店房間濕拖們天天消毒環境用力學建築設計，可以用雙面膠把高筆黏在透明的廚所牆上

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

我忘記題目了。為了不浪費空間，在此附上一個笑話：

請問哪一條街上不會下雨？
芝麻街，因為芝麻街沒雨。

二、第二天(12/22)實驗試題：

椅子會晃

圓形的冰塊很可愛

三、第二天(12/22)筆試試題：

第一題問的項目，希望可以描述更精確，讓大家更容易理解要找出什麼。

第四題大部分學生已在高中學過，可能鑑別度較低。

四、第三天口試(12/22)：

不同梯次考同樣的試題，可能有殘缺的疑慮。

五、生活起居照顧感受：

請問早餐是否可以提供比麵包更營養的食物呢？不好意思，也希望餐點中可以多點蔬菜。

非常謝謝輔導員們這三天陪我們跑來跑去！辛苦了～

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

第一題的2nd部分計算機壓錯，其他亦偏慘。
最後一題很有趣，自己設計實驗模型的題目可以多出。

二、第二天(12/22)實驗試題：

第一題測到的 λ 要視為儀器誤差，且在之後都對掉。
真的沒想到。

三、第二天(12/22)筆試試題：

鏡像法挺有趣

四、第三天口試(12/22)：

教授和善，但題目不友善

五、生活起居照顧感受：

伙食很讚，支持沒房禁，飯店很好，浴室偏怪，
枕頭太硬睡不著，隊輔正又帥，也很會聊，
隊員很精，交了很多朋友。

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

去年台師大一、二部出6題，今年題目變少難度又下降，
鑑別度可能差很多，希望整體題目的難度題數可再上升。

二、第二天(12/22)實驗試題：

教授給的參考詳解毫無意義，那些多組數據怎麼可能在3小時內完成再寫實驗報告。幫助放在詳解，試做實驗時可考慮實際考試時間。今年實驗跟一樣偏簡單，線性關係只要量最高和最低點剩下數據就很好。可以比較數據看出線性關係，然後題目沒解釋清楚，有些數據不確定度，有些不用了，要講清楚啊！

三、第二天(12/22)筆試試題：

有一些題意不清，題目太少，啟發性不夠，不到一小時就寫完，
不會的題目也無從思考，希望題目可以再多些引導，再出多一點題目，難一點。

四、第三天口試(12/22)：

太起床時間太早，建議可以把專題演講拿掉，口試改9~12，
第二天回房間睡覺，隔天還要6:20起床？！然後沒輪到自己的時候要在會堂乾等，超無聊，可以安排一些活動，
我現在正經歷第三天的行程，真的超無聊，一直做一些無意義的乾等。

五、生活起居照顧感受：

- 房間起冷，空調只有冷氣，一直停留在17-19℃。
- 早餐只有麵包，兩天都沒什麼吃，化學組好像吃很好吃的飯店早餐，而且他們房間有冷氣，希望我們的飯店再好一點。
- 便當很高級，但希望可以熱一點。到飯店再發，在很冷的房間吃很冷的便當很難受。

參賽心得

請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

第一天筆試我覺得還算不錯，雖然有我不會的，
我還是沒有猜題過的，我還是盡量寫出來。

二、第二天(12/22)實驗試題：

我個人認為題目有一些小錯誤，第二部分的第一个小實驗中，它寫了而不寫“訂”，我認為少了一個“delta”，
讓個人語意理解錯誤，拜託以後記得加!!!

我覺得本實驗算是好玩，熱電感應能結合數學和電學，
是我沒有想過的（降了電流的熱效應），最後還讓我們
三、第二天(12/22)筆試試題：把一堆NaCl加入冰塊，好玩!!

經由第二天的筆試“洗禮”之後，我更認識了
現在高中物理裡沒有的東西，我在電位那題，
習得了鏡像法，除此之外，我還學到了偏振光的特性，以及繞射的應用。

四、第三天口試(12/22)：

教授人很棒，他們會循序漸進，不會以緊迫的口氣問問題。

五、生活起居照顧感受：

我覺得飯店算不錯，食物算好吃，
隊輔很棒。（我沒有參行）



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

感觸題目偏向高中課綱內的東西來延伸思考，似乎能在更充足的時間下來完成。

二、第二天(12/22)實驗試題：

①設備上的精確度不佳，電表只能讀取到小數點後一位，其相對的溫度範圍有不小的誤差。

②電線若需盤繞在溫度計上，是否有刮壞溫度計的風險？題意中的提示也未說明其作法。

三、第二天(12/22)筆試試題：

題目的引導較多，且題意之

間的關連性很強，會使我在

回答時學習思考，但題目

偏難，似乎需學習者擁有更好的發揮。

四、第三天口試(12/22)：

教授的問題十分有引導性，也沒有過度的“電”人，學習到不少的新知，深入的思考問題。

五、生活起居照顧感受：

①交通的時間有點過長，休息室網路沒有服務。

②膳輔，吃飯都不錯。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

我覺得對我來說相當的困難，思考觀念漸不知道，像像寫的那兩題好像都錯了。

二、第二天(12/22)實驗試題：

實驗不難做，但想了很多細節

三、第二天(12/22)筆試試題：

比第一天的好寫很多，但好像還是錯很多

四、第三天口試(12/22)：

當時有點 nervous，而且教授的問題都很有彈性，很會沒能即時反應過來。

五、生活起居照顧感受：

生活起居很好，感覺像在畢業旅行。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

好難，但是我自己實力不足。

二、第二天(12/22)實驗試題：

關於冰屑製造下次可得方法列出了這許多數人，冷劑都不一樣效果。

三、第二天(12/22)筆試試題：

就題一的答案下次可以給一些條件，不然會不知道題目要寫到多少。

四、第三天口試(12/22)：

教授很親切，希望下次等待區可以有椅子。

五、生活起居照顧感受：

輔導員很細心並且親切，房間很棒。給工作人員一個感謝。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

化學反應，若能改善一些實驗原理與實驗材料，化學、物理與生物幾何化學，有被限制，算多題。

物理：題目描述不清

二、第二天(12/22)實驗試題：

實驗看錯題目，做壞

三、第二天(12/22)筆試試題：

都是基本題，鏡像法的題目蠻有趣的。

四、第三天口試(12/22)：

刪掉，題目很有趣，但可以盡量以討論某現象為主，不要門外漢不知道現象。

五、生活起居照顧感受：

房間浴室上面是透明的有奇怪，早晨可以露天洗澡，伙食蠻好吃的，床位蠻舒服。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

以學科競賽而言中偏難，尤其光壓分析有一定挑戰性。

二、第二天(12/22)實驗試題：

是個需要經驗的實驗，無法完成實在令我遺憾

三、第二天(12/22)筆試試題：

跟第一次試題相比偏易。
教授家電的修改設計十分精采，書籍Selling Cycle，不可過的輕描
也包含資料之外。

四、第三天口試(12/22)：

偏易(似乎是不妙的預兆...)

五、生活起居照顧感受：

飯店讚



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

我覺得比較難，第一天筆試就被電調感覺很不妙，我覺得第一天剛到還在適應環境就被電調對我很不利。

二、第二天(12/22)實驗試題：

很有趣，雖然是平常較無涉略的物理現象，但做完很有成就感

三、第二天(12/22)筆試試題：

相對於第一天較簡單

四、第三天口試(12/22)：

口試除了回答問題，也可以學到許多新的知識，我覺得很棒。

五、生活起居照顧感受：

賓館室椅子有點不好坐。住宿的部分很棒，早餐晚餐很好吃，可是早餐已太多，吃不完。服務人員都很好，教室很親切。



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

有些題漸有挑戰性。

二、第二天(12/22)實驗試題：

電表沒摸過不太熟悉操作...

三、第二天(12/22)筆試試題：

解析很清楚，沒什麼問題

四、第三天口試(12/22)：

教授人很好，很親切，從中學到很多，也跟我分享了許多沒想過的事！

五、生活起居照顧感受：

賓館室椅子太高...不太好坐。隊輔學長姐辛苦了，謝謝你們！餐盒(尤其早餐)內容有些單調且過多，師教員也辛苦了，教員人親切到我想跟我們學校的換XD



參賽心得



請依筆試、實驗、口試之作答感想及生活起居照顧感受，以150字左右提供寶貴意見，謝謝您的參與。

一、第一天(12/21)筆試試題：

原本預期會有但两天的筆試中都沒有電路學，結果出現了大量的動力與靜電還有光學，(可能與我錯失也于於)

二、第二天(12/22)實驗試題：

實驗很有趣，建議把表格分開給，不然畫圖時會有些不便。也希望可以多給些指導，可以在未切換裝置時，上一個確有發熱不開的困擾。

三、第二天(12/22)筆試試題：

第一題的第二小題如果有更明確的指示會比較清楚教授年並看到的答題型式如：以圖2.1.0圖足？
備照片那題跟去年的實驗完全重覆XD

四、第三天口試(12/22)：

還是希望口試能夠以一個模型或議題為出發點。

五、生活起居照顧感受：

賓館跟宿舍都很棒!!!(住靜大的椅子)

拾貳、活動照片



報到情形



報到情形



開幕典禮－廖本煌副校長主持



開幕典禮－計畫主持人柯景元主任



競賽規則報告



邱樹泉教官與輔導員介紹



環境介紹－邱樹泉教官



領餐點



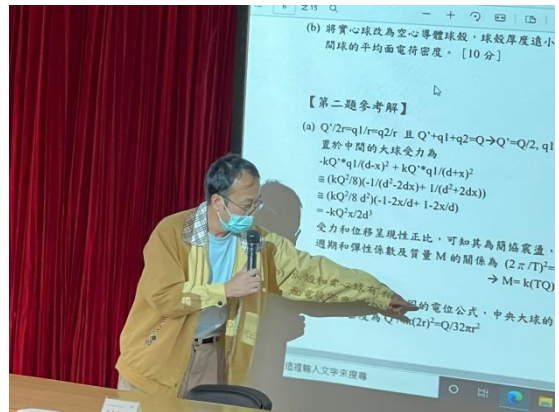
12/21 日筆試



12/21 日筆試



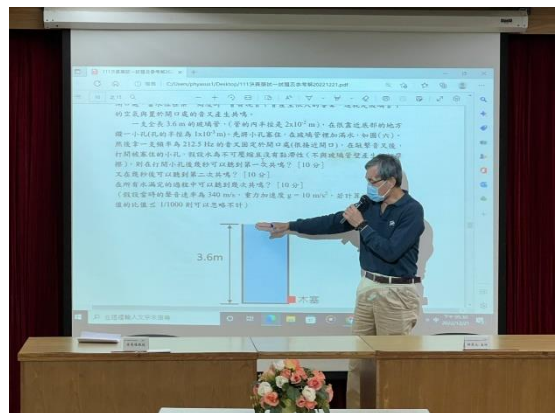
12/21 日筆試講解



12/21 日筆試講解



12/21 日筆試講解



12/21 日筆試講解



12/21 日筆試講解



12/21 日筆試題目問題交流



12/22 實驗一隅



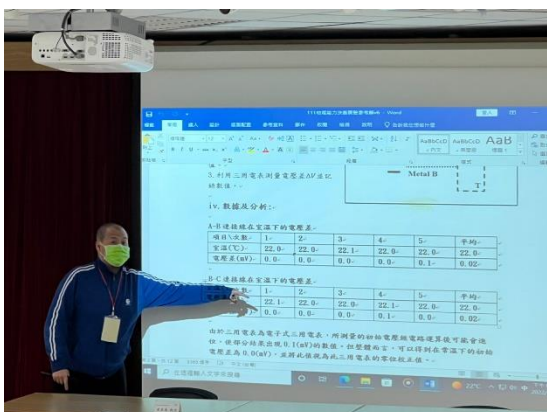
12/22 實驗一隅



12/22 筆試



12/22 筆試



12/22 實驗講解



12/22 實驗講解



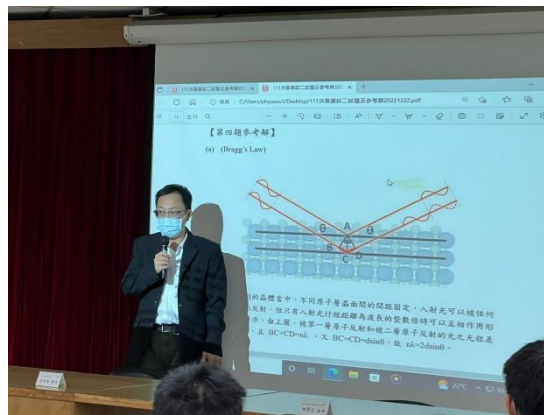
12/22 筆試講解



12/22 筆試講解



12/22 筆試講解



12/22 筆試講解



12/22 問題討論



12/22 問題討論



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



12/23 口試一隅



互動式演講



閉幕典禮柯景元主任主持



閉幕典禮洪振方院長致詞



三等獎頒獎



三等獎頒獎



二等獎頒獎



一等獎頒獎



得獎感言



得獎感言



得獎感言



輔導員與全體學生合影



各小組合照留念



本次活動謝謝大家，這個讚屬於所有參與者