

400奈米的相遇 — 威爾遜

雲室改良與應用之研究

摘要

我們改良三版本的威爾遜雲室，成功觀察藍光的路徑在通過光學鏡片後，其光徑大小由粗變細。1.0版的雲室以不斷噴灑酒精方式，可看到藍光路徑；2.0版的雲室，在低溫狀態，會有水蒸氣遇冷凝結成小水滴，附著在壓克力板上；3.0版的雲室，具雙層式酒精裝置與密閉式空間防止水蒸氣進入雲室中影響觀察，能更明顯的觀察到藍光路徑。從照度值數據所繪製的圖形中，我們發現偏光片的遮光率大多大於50%、透光率也幾乎都小於50%，吸光度都在0.5以內，其中以p100A的偏光片的遮光效果最佳；而抗藍光鏡片則相反，遮光率大多小於50%、透光率也幾乎都大於50%，吸光度只在0.2以內，所以實驗證實抗藍光鏡片的效果並不如廣告顯著。

壹、研究動機

西元1932年，科學家安德森藉由威爾遜雲室，證明了狄拉克所預言正電子的存在，使物理學的研究邁進了一大步，而如此偉大的器材引起了我們的注意。最初我們是想復刻當初正電子的實驗，但發現材料不易取得，就在我們不知所措之際，偶然看到電視上的廣告，抗藍光鏡片的推銷廣告，主持人將手持的藍色光源照過鏡片，藍色的光源竟在鏡片後的白紙上消失了，依據學習的知識，猜想這極可能是利用遮光或偏光的原理，將藍色的光反射出去，整個實驗看起來非常的真實，但民眾的留言却是好好有壞，所以我們就覺得似乎可以利用威爾遜雲室的原理，模擬類似狀況，嘗試是否能觀察到細微的粒子路徑，也就是光線經光學鏡片後所殘留的粒子路徑。

貳、研究目的與問題

一、研究目的：

- (一)改良威爾遜雲室。
- (二)驗證常見的偏光片與抗藍光光學鏡片的真實性。

二、研究問題：

- (一)實驗原理與檢測材料分析。
- (二)威爾遜雲室的改良。
- (三)偏光片與抗藍光光學鏡片檢驗與分析。

參、研究設備及器材

一、實驗器材：

- (一)雲室製作材料：小紙箱、紙板、瓦楞塑膠板、壓克力板、海綿、塑膠棉線、熱熔膠（槍）、膠帶、瓶蓋、止水閥、抽氣裝置、防撞膠條。
- (二)檢驗器材：照度計、溫度計、450nm 藍光筆、75%酒精、鏡片組。

肆、研究過程與方法

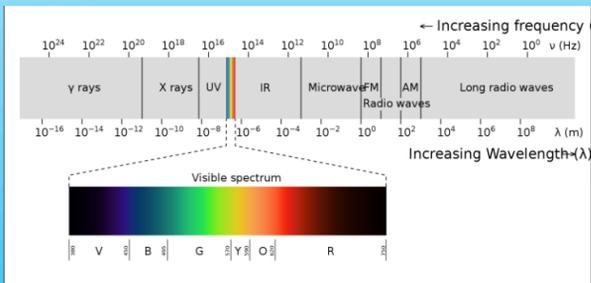
一、實驗架構與流程：



二、研究過程：

(一)實驗原理分析：

1. 藍光分析：



2. 廷德爾效應：膠體溶液的溶質顆粒較真溶液來的大，所以可以反射光線，進而觀察到光線路徑。

3. 遮光率計算： $(I_0 - I_t) / I_0 \times 100\%$ 。

4. 透光率計算： $I_t / I_0 \times 100\%$ 。

三、製作雲室本體：

(一)簡易雲室製作：



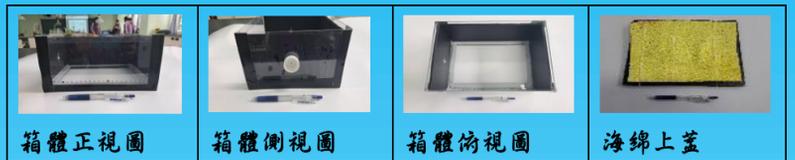
簡易箱體正視圖

簡易箱體側視圖

簡易箱體俯視圖

1. 選取適當紙箱，並於內側貼上黑色瓦楞紙板。
2. 紙箱外部標示好刻度。
3. 選取適當位置架設雷射筆。

(二)低溫雲室製作：



箱體正視圖

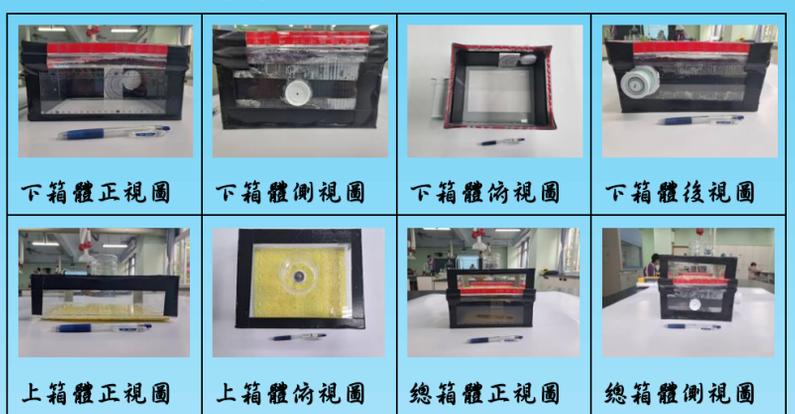
箱體側視圖

箱體俯視圖

海綿上蓋

1. 先固定壓克力，底部預留1cm，製作主箱體。
2. 使用熱熔膠黏合主箱體並盡量密合。
3. 三面壓克力黏上黑色瓦楞板，一邊為觀察窗。
4. 藍光筆放置處黏上瓶蓋並製作藍光筆腳架。
5. 將海綿用塑膠繩固定於黑色瓦楞紙板上。
6. 在光源處的黑色瓦楞板開一孔，使光線通過。
7. 在海綿上蓋鑽一小孔，方便溫度計置入。

(三)密閉低溫雲室：



下箱體正視圖

下箱體側視圖

下箱體俯視圖

下箱體後視圖

上箱體正視圖

上箱體俯視圖

總箱體正視圖

總箱體側視圖

1. 25x20cm 壓克力板打10x10個小孔，固定海綿。
2. 將觀察箱的壓克力板材料組裝起來，在側面開一個洞安裝抽氣裝置。(原預計抽真空裝置)
3. 使用熱熔膠黏合並盡量讓主箱體密合。
4. 於頂端的蓋子中間置入單向閥，並於黏上塑膠瓶，方便填裝酒精。
5. 用強力膠帶將四週黏緊，避免因液態氮使其爆裂。
6. 其餘製作方式與低溫雲室相同。

四、檢測方法：

(一)藍光路徑檢測：利用廷德爾效應觀察。

1. 簡易雲室檢驗步驟：

- (1)架設藍光筆開啓電源。(藍光筆前一天充滿電)
- (2)依序將不同實驗組的光學鏡片架設好。
- (3)由上方向下噴灑酒精霧氣。(產生廷德爾效應)
- (4)觀察藍光的行進路徑。

2. 低溫雲室檢驗步驟：

- (1)將海綿淋上酒精並插上溫度計。
- (2)將液態氮倒入鐵盤，雲室主體置於鐵盤上方。
- (3)架設並開好藍光筆，開燈後靜置一段時間，直到有藍光路徑出現。

(4)依序安裝不同光學鏡片。

3. 密閉低溫雲室檢驗步驟：

- (1)將壓克力板密閉，從單向閥灌入酒精至海綿。
- (2)將液態氮倒入鐵盤，再雲室主體置於鐵盤上。
- (3)架設並開好藍光筆，開燈後靜置一段時間，直到有藍光路徑出現。
- (4)依序安裝不同光學鏡片。

(二)藍光照度大小檢測：使用照度計檢測亮度。

1. 檢驗方式一：由雲室上方測量照度，僅簡易雲室有進行實驗。

- (1)取兩個等高的鐵架，照度計能恰好置於上方。
- (2)雲室置於鐵架間，讓照度計對準雲室內兩側。
- (3)依序安裝不同光學鏡片。
- (4)分別檢測雲室前、後兩端的藍光照度值。

2. 檢驗方式二：照度計直接對準藍光檢測。

- (1)依序安裝不同光學鏡片。
- (2)檢測光源處、5、10、15 cm 及底部亮度。
- (3)依序檢測簡易、低溫與密閉低溫雲室照度值。

伍、研究結果

一、藍光路徑觀察結果：

(一)光學鏡片位於5cm 結果：

1. p50 偏光片：

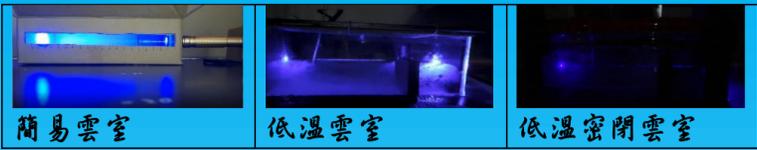


簡易雲室

低溫雲室

低溫密閉雲室

2. 抗UV偏光片：



3. p100偏光片：



4. p100A偏光片：

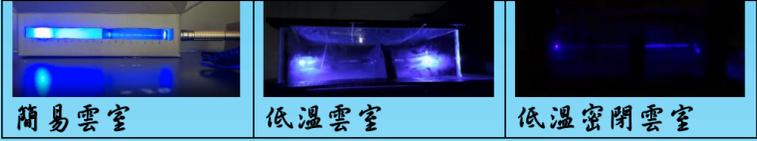


5. 抗藍光鏡片：



(二)光學鏡片位於10cm結果：

1. p50偏光片：



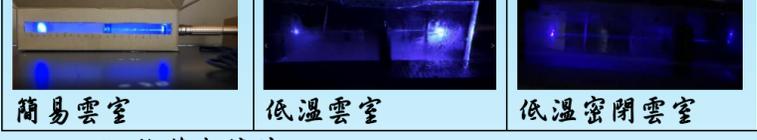
2. 抗UV偏光片：



3. p100偏光片：



4. p100A偏光片：



5. 抗藍光鏡片：



(三)光學鏡片位於15cm結果：

1. p50偏光片：



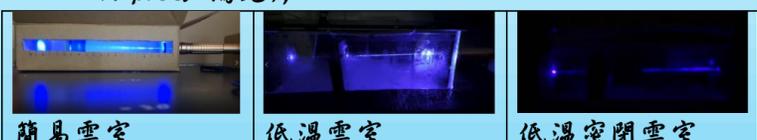
2. 抗UV偏光片：



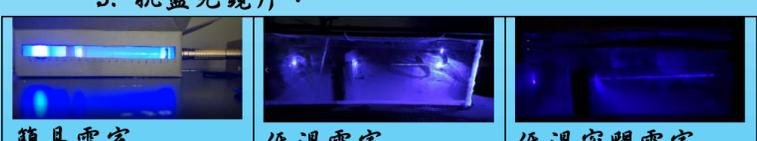
3. p100偏光片：



4. p100A偏光片：



5. 抗藍光鏡片：



二、照度計檢測照度實驗數據：

(一)簡易雲室照度檢測：

1. 檢驗方式一實驗數據：雲室上方測量照度。

(1)第一次實驗結果：使用大紙板遮住，減少外在光線造成實驗誤差。

單位：Lux	前光源			後視覺		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
空白實驗	122.4			61.3		
p50偏光片	30.5	36.5	57.0	40.0	51.3	43.6
抗UV偏光片	36.6	37.8	42.2	46.6	47.5	51.2
p100偏光片	51.5	76.8	81.6	45.6	50.4	43.6
p100A偏光片	14.5	18.1	26.8	27.4	26.3	22.9
抗藍光鏡片(左)	87.0	104.7	115.3	47.2	54.0	44.9
抗藍光鏡片(右)	87.1	107.9	111.1	46.5	56.9	47.6

(2)第二次實驗數據：轉移至0-5Lux的暗室實驗。

單位：Lux	前光源			後視覺		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
空白實驗	116			300		
p50偏光片	14.1	15.2	17.2	82	73.2	69.1
抗UV偏光片	17.3	20.7	22.5	93	85	77.5
p100偏光片	16.4	22.5	30.5	81.6	78	72.2
p100A偏光片	18.9	29.9	31.1	137.1	121.1	110.8
抗藍光鏡片	59.6	78.2	97	215	204	194

(3)第三次實驗數據：轉移暗室，並將白色瓦楞板改為黑色。

單位：Lux	前光源			後視覺		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
空白實驗	2			15.8		
p50偏光片	7.0	4.6	3.5	9.0	6.7	6.3
抗UV偏光片	5.7	4.8	4.1	7.4	10.0	7.2
p100偏光片	5.3	4.9	4.4	10.2	15.2	13.0
p100A偏光片	6.4	5.4	3.4	11.2	10.0	10.5
抗藍光鏡片	30.2	10.8	6.2	20.5	20.3	13.4

(4)第四次實驗數據：轉移暗室，將所有實驗裝置改為黑色。

單位：Lux	前光源			後視覺		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
空白實驗	17.6			11.5		
p50偏光片	16.7	16.5	16.9	0.7	0.6	0.5
抗UV偏光片	17.0	17.6	16.7	1.1	0.8	0.5
p100偏光片	17.2	16.4	16.7	3.7	4.5	3.8
p100A偏光片	17.9	18.5	18.4	14.9	15.7	13.0
抗藍光鏡片	22.1	20.1	16.4	10.4	8.9	13.0

2. 檢驗方式二實驗數據：對準藍光源檢測照度。

單位：Lux	前光源	後視覺
空白實驗	21700	16060

(1)光學鏡片位於5cm處照度值：

°	光源	鏡片後	距光源10cm	距光源15cm	距光源20cm	底部
p50	21800	4330	4120	4070	4000	3890
抗UV	20300	4130	4090	3880	3590	3310
p100	19900	4570	4270	4170	4330	4240
p100A	21900	3650	3660	2870	2770	2690
抗藍光鏡片	19720	13130	12450	11920	11520	11290

(2)光學鏡片位於10cm處照度值：

°	光源	距光源5cm	鏡片後	距光源15cm	距光源20cm	底部
p50	21700	18080	4130	4000	3920	3860
抗UV	20200	19640	4030	3990	3910	3710
p100	21300	18930	4290	4630	4520	4390
p100A	20700	18900	3660	3130	3010	2790
抗藍光鏡片	21300	19100	12700	11900	11700	11400

(3)光學鏡片位於15cm處照度值：

°	光源	距光源5cm	距光源10cm	鏡片後	距光源20cm	底部
p50	20300	18070	17500	3990	3890	3770
抗UV	20600	19900	19100	5020	4530	4300
p100	20000	18360	17780	4400	4440	4410
p100A	21200	18700	18000	3540	3410	3390
抗藍光鏡片	21600	19700	19300	13480	13410	16970

(二)低溫雲室照度檢測：

單位：Lux	前光源	後視覺
空白實驗	19110	18500

1. 光學鏡片位於5cm處照度值：

°	光源	鏡片後	距光源10cm	距光源15cm	距光源20cm	底部
p50	18500	14150	14050	13950	13930	13630
抗UV	18340	14400	14220	14120	13890	13750
p100	18400	14570	14150	14050	13920	13710
p100A	18560	13230	11250	10450	10200	10060
抗藍光鏡片	18520	14810	13450	13250	13140	13170

2. 光學鏡片位於10cm處照度值：

°	光源	距光源5cm	鏡片後	距光源15cm	距光源20cm	底部
p50	18380	17860	13960	13380	13230	13150
抗UV	18500	17900	14230	13590	13420	13290
p100	18370	18120	14230	13790	13630	13520
p100A	18270	17750	12550	9120	8200	7550
抗藍光鏡片	18670	18090	14250	13050	12990	12840

3. 光學鏡片位於15cm處照度值：

°	光源	距光源5cm	距光源10cm	鏡片後	距光源20cm	底部
p50	18030	17530	17480	13590	13170	13090
抗UV	18090	17730	17640	13760	13460	13300
p100	18090	17710	17360	13810	13480	13370
p100A	18160	17960	17670	12890	11190	10500
抗藍光鏡片	18150	17990	17940	13850	12770	12660

(三)密閉低溫雲室照度檢測：

單位：Lux	前光源	後視覺
空白實驗	1673	1243

1. 光學鏡片位於5cm處照度值：

°	光源	鏡片後	距光源10cm	距光源15cm	距光源20cm	底部
p50	1608	644	643	632	615	612
抗UV	1664	666	635	629	602	592
p100	1628	676	669	622	622	610
p100A	1675	528	442	398	318	298
抗藍光鏡片	1634	1145	1071	1051	1041	1037

2. 光學鏡片位於10cm處照度值：

°	光源	距光源5cm	鏡片後	距光源15cm	距光源20cm	底部
p50	1667	1402	754	742	739	703
抗UV	1685	1362	669	659	638	630
p100	1677	1418	834	780	777	753
p100A	1682	1348	538	477	402	398
抗藍光鏡片	1607	1584	1160	1163	1138	1111

3. 光學鏡片位於15cm處照度值：

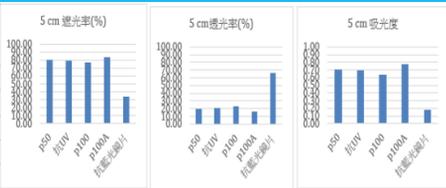
°	光源	距光源5cm	距光源10cm	鏡片後	距光源20cm	底部
p50	1688	1422	1304	737	698	693
抗UV	1645	1442	1392	708	698	682
p100	1665	1403	1295	689	641	621
p100A	1647	1351	1329	533	450	449
抗藍光鏡片	1623	1511	1473	1000	968	925

三、遮光率、吸光率、吸光度的分析：
 遮光率 = $(I_0 + I_i) / I_0 \times 100\%$ 、透光率 = $I / I_0 \times 100\%$ 、吸光度 = $\log_{10}(I_0 / I_i)$ 。

(一)簡易雲室分析數據：

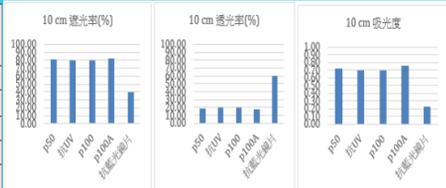
1. 光學鏡片位於 5cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	21800	4330	80.14	19.86	0.70
抗 UV	20300	4130	79.66	20.34	0.69
p100	19900	4570	77.04	22.96	0.64
p100A	21900	3650	83.33	16.67	0.78
抗藍光鏡片	19720	13130	33.42	66.58	0.18



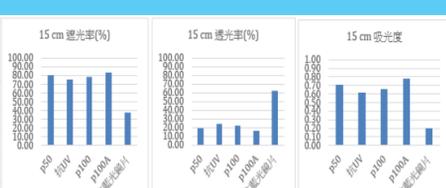
2. 光學鏡片位於 10cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	21700	4130	80.97	19.03	0.72
抗 UV	20200	4030	80.05	19.95	0.70
p100	21300	4290	79.86	20.14	0.70
p100A	20700	3660	82.32	17.68	0.75
抗藍光鏡片	21300	12700	40.38	59.62	0.22



3. 光學鏡片位於 15cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	20300	3990	80.34	19.66	0.71
抗 UV	20600	5020	75.63	24.37	0.61
p100	20000	4400	78.00	22.00	0.66
p100A	21200	3540	83.30	16.70	0.78
抗藍光鏡片	21600	13480	37.59	62.41	0.20



(二)低溫雲室分析數據：

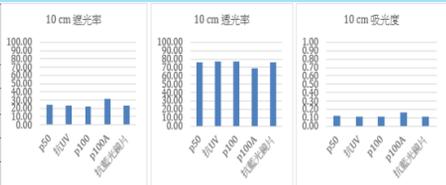
1. 光學鏡片位於 5cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	18500	14150	23.51	76.49	0.12
抗 UV	18340	14400	21.48	78.52	0.11
p100	18400	14570	20.82	79.18	0.10
p100A	18560	13230	28.72	71.28	0.15
抗藍光鏡片	18520	14810	20.03	79.97	0.10



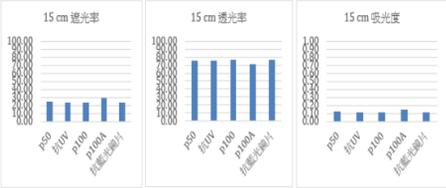
2. 光學鏡片位於 10cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	18380	13960	24.05	75.95	0.12
抗 UV	18500	14230	23.08	76.92	0.11
p100	18370	14230	22.54	77.46	0.11
p100A	18270	12550	31.31	68.69	0.16
抗藍光鏡片	18670	14250	23.67	76.33	0.12



3. 光學鏡片位於 15cm 處：

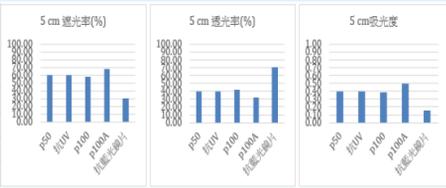
光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	18030	13590	24.63	75.37	0.12
抗 UV	18090	13760	23.94	76.06	0.12
p100	18090	13810	23.66	76.34	0.12
p100A	18160	12890	29.02	70.98	0.15
抗藍光鏡片	18150	13850	23.69	76.31	0.12



(三)密閉低溫雲室

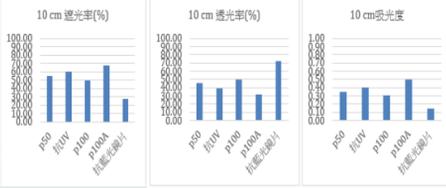
1. 光學鏡片位於 5cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	1608	644	59.95	40.05	0.40
抗 UV	1664	666	59.98	40.02	0.40
p100	1628	676	58.48	41.52	0.38
p100A	1675	528	68.48	31.52	0.50
抗藍光鏡片	1654	1145	29.93	70.07	0.15



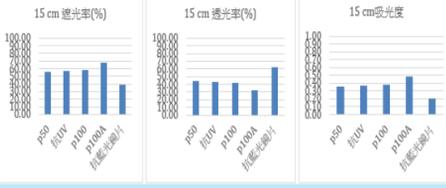
2. 光學鏡片位於 10cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	1667	754	54.77	45.23	0.34
抗 UV	1685	669	60.30	39.70	0.40
p100	1677	834	50.27	49.73	0.30
p100A	1682	538	68.01	31.99	0.50
抗藍光鏡片	1607	1160	27.82	72.18	0.14



3. 光學鏡片位於 15cm 處：

光學鏡片	光源	鏡片後	遮光率 (%)	透光率 (%)	吸光度
p50	1688	737	56.34	43.66	0.36
抗 UV	1645	708	56.96	43.04	0.37
p100	1665	689	58.62	41.38	0.38
p100A	1647	533	67.64	32.36	0.49
抗藍光鏡片	1623	1000	38.39	61.61	0.21



陸、研究討論

一、實驗過程討論：

(一)白色底板反射光線影響照度實驗討論：

- 實驗數據顯示，以白色為底板時，照度會較大且不穩定，推測是光線反射造成的狀況，且抗藍光鏡片具有弧度，反射的光線會與原光源落在不同的點上，導致實驗誤差。
- 將底板改為黑色後，能讓整體空間的反射性降低，效果較佳且數據較穩定，因為還有些許反射狀況，因此數據仍還有不合理之處。

(二)加入液態氮後空氣凝結影響實驗討論：

- 低溫雲室實驗，因雲室設計沒有密閉，導致空氣中凝結成的小水珠進入雲室內部空間，影響藍光路徑觀察，此疑慮在上蓋拿下後，發現許多小水珠所產生的白色霧狀而證實。
- 小水珠與酒精蒸氣的差別很容易辨識，小水珠的光束會呈現斷斷續續的，且會粗細不明、不規則，而酒精蒸氣則是整齊一致，粗

細隨光線強弱而定，且水蒸氣凝結成的小水滴為白色煙狀，在密閉低溫雲室的實驗中則幾乎沒有出現。

(三)簡易雲室藍光路徑實驗討論：

1. 藍光路徑結果：

- 由上方噴灑酒精後，可於簡易雲室中觀察到藍光的路徑，證實可以用酒精蒸氣代替微小粒子，使藍光行徑產生廷德耳效應。
- 因酒精蒸氣很快會蒸散於空氣中消失，需不斷噴灑，造成實驗進行不便，因此，改良設計低溫與密閉低溫雲室。

柒、結論

- 我們成功改良威爾遜雲室至 3.0 版，完整觀察到藍光的行進路徑，並率先使用酒精蒸氣代替微小粒子，使藍光行徑產生近似廷德耳效應的光徑，大幅度降低成本與提升安全性。
- 密閉低溫雲室的照度數據，配合雲室觀察結果，驗證光線在經過光學鏡片後至少會減少 50% 以上 (遮光率)。
- 密閉低溫雲室的透光率數值，大都在 30% 到 40% 左右，與廠商提供的透光率 (38.1%) 十分接近，證明我們所設計改良的密閉低溫雲室是正確、有效的。
- 抗藍光鏡片的吸光度數據都小於 0.2，表示其光線大部分會穿透鏡片，但因其為弧狀造型，所以會將藍光部分反射部分偏折，減少聚焦在一點上，進而減少藍光聚集所造成的傷害進而達成廣告所呈現的效果。
- 抗藍光鏡片遮蔽約 30% 的藍光，但透光率却介於 50% 到 80%，是所有光學鏡片中最大，所以消除藍光、保護眼睛的效果應非如同廣告所言。

捌、未來展望

目前的雲室已經可以觀察出藍光路徑，並驗證出藍光的遮蔽效果，如果有機會能延續本計畫，我們還設計了以下再加強的地方，是我們未來規劃研究的方向，希望有機會能在更棒的舞台發表：

- 製作 4.0 真空的雲室主體：經過資料搜尋，真空主體製作具一定的難度，尤其是材料方面，我們想尋找一體成型的壓克力或玻璃箱，不能以熱熔膠黏合，外接的上層可以完全密合。
- 光源的延伸實驗：實測更多雷射筆包括紅色、綠色以及驗鈔筆，與藍光的數據做對比探討是否所有光線都會被偏光片遮罩，還是偏光片僅會遮罩住某些顏色的光線。(期盼可以找出遮蔽或透光的光譜圖)
- 光學鏡片的多樣化：尋找更多不同規格的偏光片以及抗藍光鏡片，更進一步驗證實驗結果。
- 低溫方式的改良：目前低溫是用液態氮冷卻降溫，未來設計嘗試用製冷晶片，製作出方便攜帶裝置的下一代，看看是否可以將溫度降低至我們所需的溫度。

玖、參考文件

- 威爾遜雲室：
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?tag=%E5%A8%81%E7%88%B8%E9%81%9C%E9%9>
- 廷德爾效應：
<https://www.meteorologiaenred.com/zh-TW/efecto-tyndall.html>
- 藍光真的有害嗎?紫者的藍光鏡片推銷實驗：
https://www.youtube.com/watch?v=J4YENoKqiwM&ab_channel=%E5%8F%B0%E8%A6%
- 遮光率：
<https://baike.baidu.com/item/%E9%81%AE%E5%85%89%E5%BA%A6/17741679>
- 透光率：
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%90%B8%E5%85%89%E5%BA%A6>
- 自然科學第三冊光與顏色，洪連輝 主編，南一書局 出版，2022 年 8 月。
- 世界第一簡單物理學，新田英雄 著，世茂出版，2009 年 7 月。