

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

探究精神獎

082925

與 eye 同行，fun 眼視界—抗藍護眼行動

學校名稱：新竹縣竹北市興隆國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳亞希	郭靜美
小六 莊惠閔	徐志宇
小六 李昀蓁	
小六 高敏真	
小六 曾繹璇	
小五 李侑恩	

關鍵詞：色溫 (Colour-Temperature)、
藍光 (Blue Light)、
色彩恆常性 (Color constancy)

摘要

研究發現更換較低色溫光源能減少藍光；日常生活中減少藍光的方法很多，但願意使用的人少，主要是因為減少藍光會讓視覺感到偏黃，或是光線昏暗，會有色差不舒服，所以大部份的人不愛使用。使用 4000K 色溫光源實驗時，「色彩恆常性」會讓人覺得教室的觸控電子白板螢幕變藍，此時順勢調黃(減藍)電子白板的螢幕，就可讓照明光源與螢幕的藍光同時降低，並以相機的「自動白平衡」功能模擬「視錯覺 - 色彩恆常性」，測試在較低色溫光源下，可將螢幕調黃多少而不被察覺；測量發現在 4000K 光源、不察覺螢幕變黃的前提下，調黃螢幕可降低 27.0%藍光，由此可進一步找出防藍光 APP 使螢幕減少藍光又不影響色覺的解方。

壹、研究動機

我國兒童青少年近視盛行率隨年齡急劇上升，尤其在國民小學階段近視比率由 19.8%增至 81.8%，增加 62.0%，高度近視 (≥ 500 度) 比率由 1.2%增至 15.3%，增加 14.1%，孩子在國小六年期間就有超過六成成為近視族，超過一成要掛上厚厚的眼鏡。

衛福部國民健康署 105 年「探討 3C 產品影響視力健康之因子與管理建議計畫」¹ 頒布五年了，我們學校卻沒有任何一間教室換成色溫 4000K 的光源，想以此為題目參與 DFC² 挑戰，但發現用衛福部的「建議計畫」很難說服別人，且經過詢問也沒有聽過哪所學校教室照明是使用 4000K 光源，在找不到例子、沒有證據說服學校更換 4000K 光源的情況之下，我們決定自己動手依「建議計畫」測試，使用 4000K 光源照明可以比採用 6500K 減少多少藍光比例。

註 1：光源色溫建議為 4000K 以下，以減少潛在藍光傷害。參照國際安全規範與動物實驗結果，避免使用冷白光(高色溫)、避免螢幕高亮度、避免長時間連續注視螢幕及在黑暗中使用，可降低視網膜與水晶體的氧化傷害。

註 2：DFC (Design for Change)全球孩童創意行動挑戰是一個在印度發起的創意學習活動，為引導中小學孩童透過自主學習發想，尋找身邊的或是社會上的問題，並思考改善方法、解決問題的最佳情境，進而實際行動解決問題的挑戰活動。

貳、研究目的

一、尋找可測藍光的方法及設備。

實驗一：測量相機拍攝彩虹各色光的三原色 (RGB) 值

(確認相機能否做為測量藍光的工具)

實驗二：找出相片中像素 RGB 值與實際亮度的關係

(找出 RGB 值換算成亮度的公式)

二、瞭解不同色溫光源組合、螢幕調整方式是否能降低藍光比例。

實驗三：測量教室更換燈管前後的藍光比例。（確認衛福部建議是否有效）

實驗五：測量各光源組合下，螢幕設為不被察覺的調黃 B 值時的藍光比例。

實驗七：測量螢幕設為「暖色調」搭配對應光源組合時的藍光比例。

實驗八：測試利用視覺疲勞現象調黃（減藍）螢幕時能減少多少藍光比例。

（螢幕在使用時慢慢調黃）

三、找出在低色溫光源下螢幕能調多黃而不被察覺。

實驗四：以相機的「白平衡」模擬「色彩恆常性」，測試低色溫光源下螢幕可調黃多少而不被察覺。

四、瞭解觸控電子白板設定為「暖色調」時，搭配哪種光源組合不會覺得顏色偏差。

實驗六：測量觸控電子白板的「暖色調」與「標準」色調下「調黃路徑 B 值」多少時接近，找出「暖色調」搭配什麼光源的組合不會覺得顏色偏差。

參、研究設備及器材

一、器材準備與製作：

（一）器材準備

數位相機、三腳架、電腦、三菱鏡、照度計、墨汁、黑色紙箱、觸控電子白板、黑色擋板(縫卡)、燈泡底座、偏光片、瓦楞板、描圖紙、測試光源（3000K、4000K、6500K T5 28W 燈管、4000K 10W 無頻閃燈泡）。

（二）製作彩虹黑箱

紙箱內以墨汁塗黑，上方開一個孔安裝三菱鏡，在紙箱內底部貼上白紙使彩虹能清楚投影，彩虹投影的上方開一個和鏡頭口徑一樣大的圓孔，以便相機拍攝彩虹。此外，再利用黑色瓦楞板做一個擋板(縫卡)，並在開一條寬約 1 的縫，使陽光能透過細縫集中照射在三菱鏡上。

（三）製作可調亮度光源箱

在黑色瓦楞板箱裡安裝燈座、兩片偏光片、一片描圖紙，和開一圓孔以便照度計測量燈泡照度以及相機拍攝，轉動偏光片就能調整亮度。

（四）製作黑色遮光罩

以黑色瓦楞板製作正方形遮光罩，底部鏤空，上方開圓孔可固定照度計或以相機拍攝。

（五）軟體

小畫家、Adobe PhotoShop、PhotoCap、MS office Excel、MS office PowerPoint、Free Video to JPG Converter。



圖 3-1-1 購買、整理不同色溫的燈管



圖 3-1-2 製作可調亮度的光源箱



圖 3-1-3 以相機測量三原色光



圖 3-1-4 照度計



圖 3-1-5 將紙箱內部塗黑



圖 3-1-6 箱上開孔方便安裝三稜鏡

肆、研究過程及方法

一、文獻探討

(一) 可見光 (Visible light)

可見光是人眼可以看見 (感受得到) 的部分。人眼可以感受到的波長範圍一般是落在 360 - 400nm ~ 760 - 830nm。正常視力的人眼對波長約為 555 奈米的電磁波最為敏感。

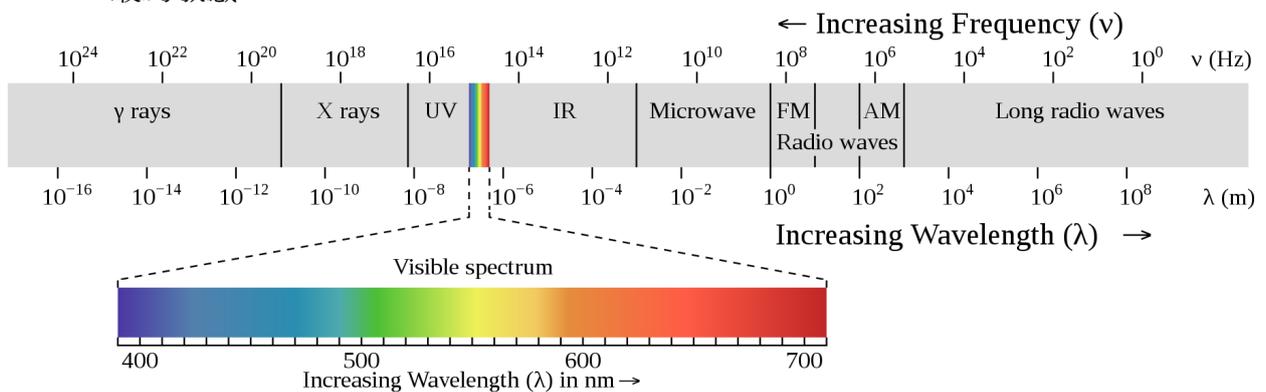


圖 4-1-1 可見光光譜

1. 三原色 (Three Primary Colors) :

人類肉眼有三種不同顏色的感光體，分別對黃綠色、綠色和藍紫色 (564、534 和 420 奈米波長) 最敏感。色彩空間通常可以由三種基本色所表達，這三種顏色被稱為「三原色」。「原色」的指定並沒有唯一的選法，凡是彼此之間無法替代的顏色都可以被選為「原色」，只是目前普遍認定「光的三原色」為紅綠藍。

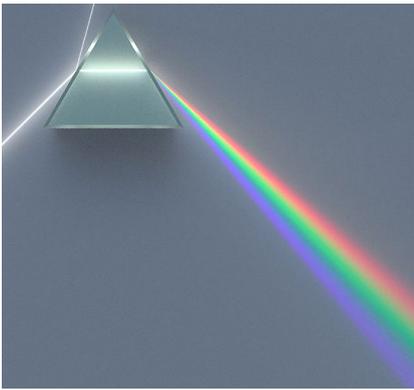


圖 4-1-2 三稜鏡色散形成可見光譜

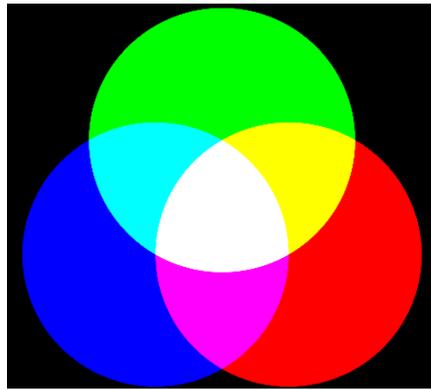


圖 4-1-3 色光加色混合法

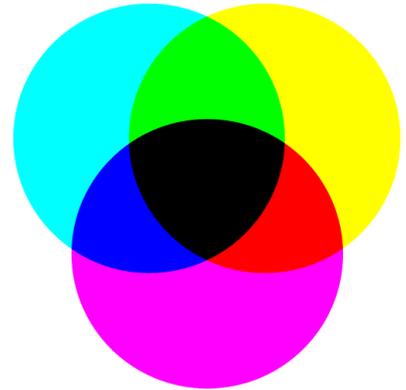


圖 4-1-4 顏料減色混合法

2.藍光 (Blue Light)

藍光屬於可見光之中最靠近紫外線光波、能量較強的部分，波長介於 380~500nm。由於能量較高，也比較容易產生氧化物、游離自由基，長期暴露在藍光下會增加眼睛疲勞，嚴重可能導致眼睛傷害、甚至失明。

藍光傷害不只是引發黃斑部病變，包括老花、白內障、青光眼、視力退化等 5 大疾病，輔英科大附醫眼科醫師洪啟庭分享自己的研究結果，將白老鼠放在暗房中、以藍光照射 12 小時，連續 7 天後視網膜就出現膨脹、變厚，感光細胞也壞死；若換算成人類年齡，相等於 8-12 歲的兒童，每天受電視、電腦、手機等藍光照射 10 小時以上，2 至 3 年就可能出現視網膜病變。

藍光會讓眼睛聚焦不易，因為藍光的波長較短，容易造成散射，因此眼睛必須更用力聚焦。長時間下來，睫狀肌緊繃無法放鬆，眼睛容易疲勞、痠疼，可能會造成假性近視。

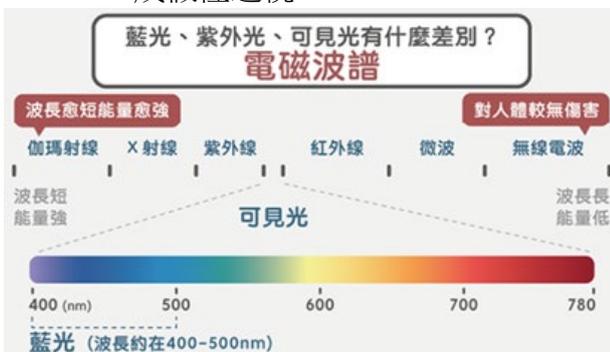


圖 4-1-5 藍光、紫外光、可見光的差別

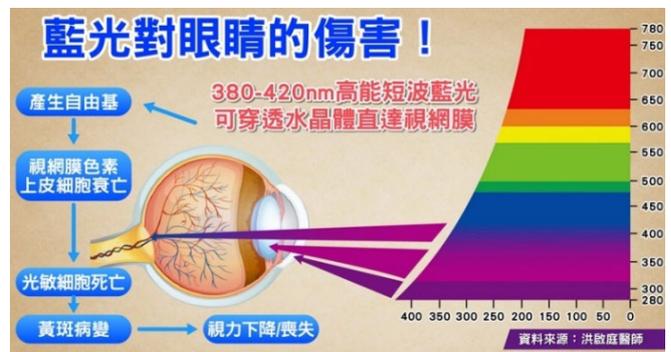


圖 4-1-6 藍光對眼睛的傷害



圖 4-1-7 藍光傷眼的原因



圖 4-1-8 藍光有害無益嗎

有研究發現，藍光不只會傷害眼睛，也會傷害身體其他部分。藍光會對細胞產生自由基，損害視網膜感光細胞及色素上皮細胞，導致細胞凋亡。除視網膜之外，大量接觸藍光的皮膚，被認為會在藍光曝曬之後老化，變得粗糙、有皺紋、黯淡，跟在暴露在紫外線下相似。2019年10月，美國俄勒岡州立大學（Oregon State University, OSU）的研究發現，高量藍光會加速衰老、讓人的大腦神經退化，可能造成認知功能下降，而且壽命減短，研究成果刊登在《衰老的疾病與機制》（Aging and Mechanisms of Disease）上。

心得：藍光是可見光的一部分，也是視覺中不可或缺的色光，缺少藍光會使色覺有缺陷，但過量的藍光則會傷視力，也會對身體產生其他負面影響。利用相機模擬眼睛測量在教室看見的景像，就能知道更換低色溫光源能不能減少藍光比例。

（二）相機影像感測器（Image Sensor）

影像感測器（Image Sensor）是將光信號轉換成類比電信號的裝置。影像感測器是數位相機、網路監控攝影機等影像設備上的關鍵零組件之一。感測器上的主要部件是畫素陣列，每個畫素的功能是將感受到的光轉換為電訊號，通過讀出電路轉為數字化訊號，能分別測量紅色、綠色、藍色對應波長的光線

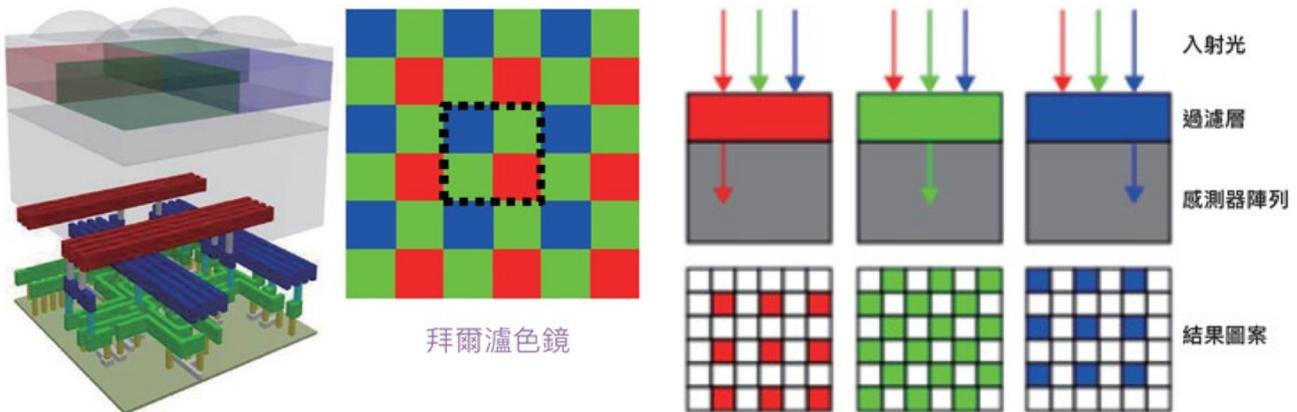


圖 4-1-9 影像感測器構造

圖 4-1-10 影像感測器能分別感應三原色

心得：相機影像感測器能分別測量可見光中三原色光的強度，藍光約在可見光譜波長 380 ~ 500nm 的位置，也就是彩虹的藍色、紫色位置，利用相機拍攝陽光經三稜鏡分出的彩虹光（完整的可見光譜），看看彩虹藍色部位的「三原色-B 值」是不是比較高，就能知道相機能否當作測量藍光的工具。

（三）錯覺（Illusion）

錯覺是感覺的扭曲。是大腦對刺激的錯誤分析。在心理學研究中，最常見的錯覺是視錯覺（Optical illusion）。造成顏色視錯覺的原因：

1. 色彩恆常性（color constancy）

「色彩恆常性」，是大腦「自動白平衡」機制的結果。相機有個「白平衡」的機制，可以讓照片的顏色看起來自然一些。也就是只要給大腦足夠的**環境資訊**，例如**背景光源**、**其他周遭物品的相對顏色**，大腦就會自動作出白平衡，讓你可以感受到物體的本色。

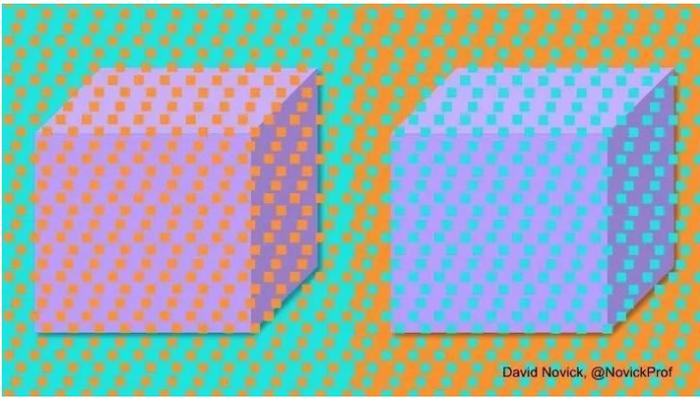


圖 4-1-11 受色點的影響大腦對同色立方體的顏色判斷不同

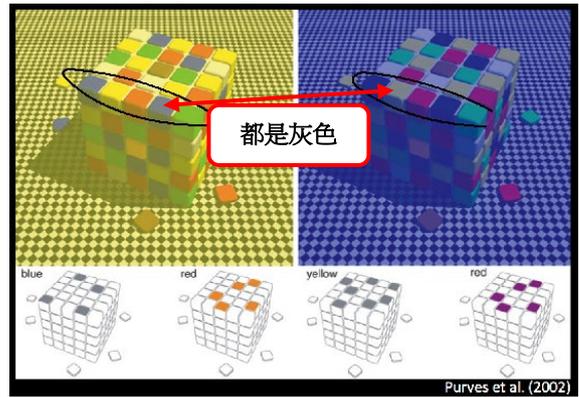


圖 4-1-12 背景光源不同會影響色塊的色彩判斷

心得：「色彩恆常性」是大腦在不同光源下對顏色的調整（調整為物體在陽光下應有的顏色），能消除光線對色覺的影響，讓人可以感受到物體的本色。利用「色彩恆常性」造成的顏色錯覺可以讓調黃的螢幕畫面看起來不會黃黃的。

2. 視覺疲勞

視覺疲勞有兩種，其一稱為**視覺疲勞(Asthenopia)**，是一症狀的統稱，常出現於過度用眼以後，包括一些身體和眼部不適。如眼球和眼眶周圍不適或痛楚。頭部或鼻根部酸脹感，繼而看東西吃力、視線模糊、眼皮沉重、流淚水、怕光、頭痛、重影或殘影等等。

另一種是**感覺疲勞的視覺疲勞**，神經傳遞的有趣現象是：連續刺激後對原刺激的靈敏度會降低，稱為感覺疲勞(可能和突觸釋放的傳導物質來不及補充有關)。眼睛凝視同樣一種顏色太久時，會造成對這種顏色的刺激產生較弱的感受。例如一直凝視著藍色的圖案，藍色錐狀細胞所傳的訊息降低，大腦對於藍色的感覺變弱。此時若是突然轉往注視白色背景時，因藍光訊息變弱，剩下的就是紅光和綠光錐狀細胞所傳的訊息，也就是會看到紅光和綠光的混合色（黃色）。

心得：對顏色的視覺疲勞也可以說是「習慣了」或是「適應了」，利用這個現象，可以嘗試慢慢把螢幕畫面或光源調黃，讓感光細胞疲勞造成判斷顏色的誤差（顏色錯覺），或是說調黃畫面夠久造成的「負像」（藍色）相疊，就不覺得那麼黃，就能避免因改用低色溫光源或調黃螢幕造成的不習慣、不適應。

（四）認識色溫（Colour temperature）與白平衡（White Balance）

1. 認識色溫？

色溫代表色彩的溫度，由英國物理學家 Lord Kelvin 提出，拿一個-273°C (0K) 的黑色物體加熱，物體會隨著溫度改變散發出不同顏色的光線，將其顏色與其對應的 K 值記錄下來，就是攝影領域說的「色溫 K 值」。

光源的色溫定義為與此光源發出相似的光的黑體輻射體的開爾文溫度。色溫在攝影、錄影、出版等領域具有重要意義。只有光源發出的光和黑體輻射的光接近時，色溫才有意義。其他顏色，如綠色、紫色的色溫是沒有意義的。

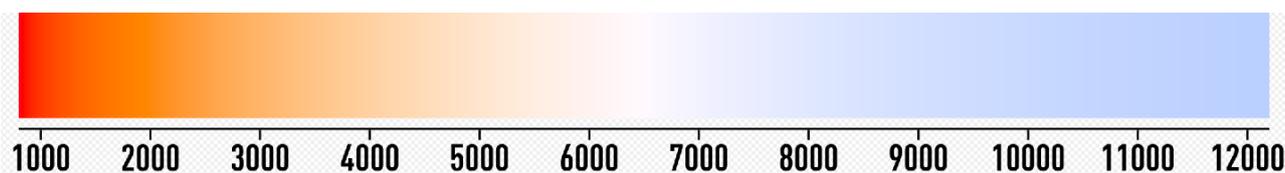


圖 4-1-13 800K 到 12200K 的黑體輻射光譜，這大約是夜晚天空中各種星星發出的光的區間

心得：高色溫光源中短波長光的相對能量較高，所以換用低色溫光源可減少短波長可見光。

也就是說短波長（藍光）光越多的光源色溫就越高。

2. 認識相機白平衡設定

人眼能在自然環境下自動調整（色彩恆常性），但相機無法做到這一點，所以先設定好相機的「色溫」，使相機看出原本是白色的光線，而這設定的功能則稱之為「白平衡設定」，如此才能拍出自然的顏色。

心得：現在的數位相機都有「自動白平衡」的功能，在測量藍光時就要把白平衡功能設為手動；「自動白平衡」功能與「色彩恆常性」相似，所以要找出低色溫光源下，螢幕調多黃時和 6500K 光源下有一樣的色感時，為了避免人的主觀感覺會造成誤差，可以利用「自動白平衡」來模擬「色彩恆常性」。

（五）「兒童青少年視力監測調查」結果：

依據本署委託台大醫院團隊以散瞳驗光方式於 106 年執行之「兒童青少年視力監測調查」結果，幼兒園小班至高中三年級青少年近視(≥50 度)與高度近視(≥500 度)盛行率如下表：

表 4-1-1 106 年調查幼兒園至高中近視盛行率

年級		近視 (≥50 度)	高度近視 (≥500 度)
幼兒園	小班	6.9	0.4
	中班	7.4	0.0
	大班	9.0	0.5
國小	小一	19.8	1.2
	小二	38.7	1.4
	小三	43.3	1.6
	小四	52.7	4.2
	小五	62.2	6.7
	小六	70.6	10.3
國中	國一	81.8	15.3
	國二	85.3	19.5
	國三	89.3	28.0
高中	高一	86.3	27.1
	高二	89.1	31.6
	高三	87.2	35.7

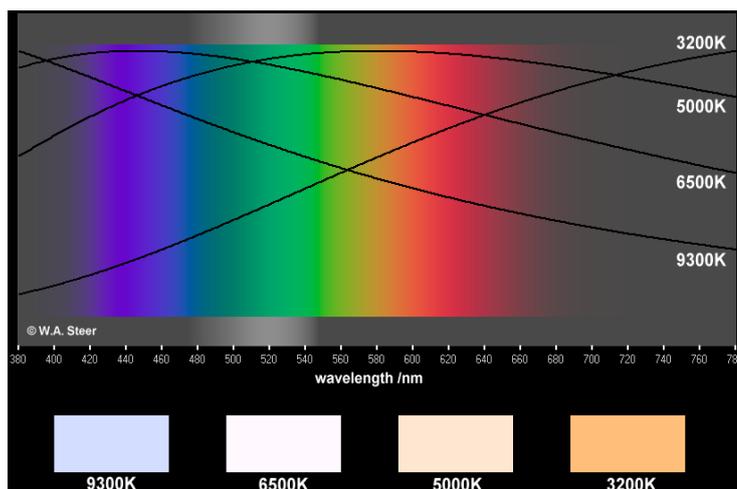
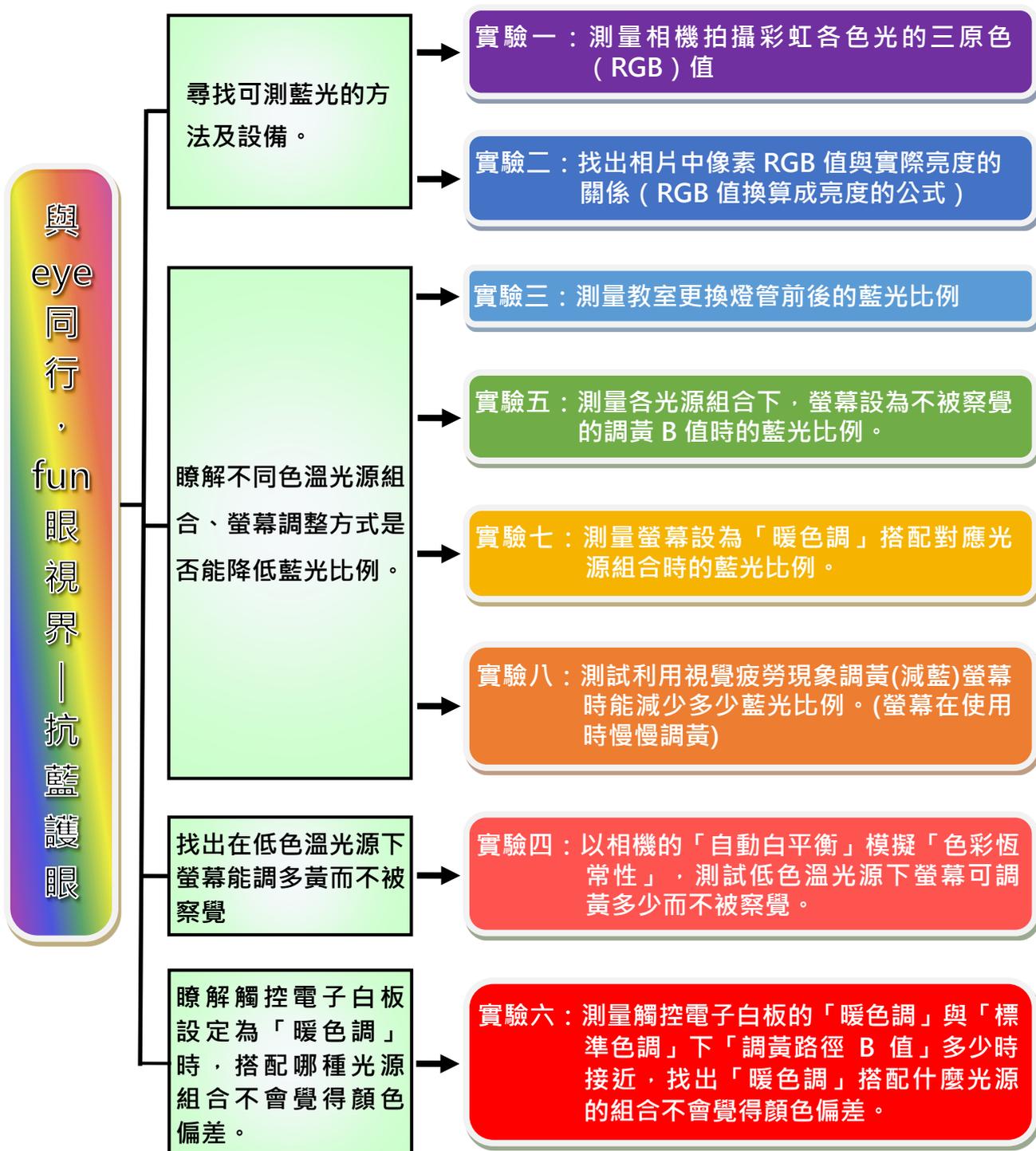


圖 4-1-14 黑體輻射可見光譜中每個波長的相對能量

心得：國小階段近視比率由 19.8% 增至 81.8%，增加 62.0%，高度近視 (>=500 度) 比率由 1.2% 增至 15.3%，增加 14.1%，有超過六成的孩子在這段間間成為近視族，在國小階段擋下不可逆的近視盛行率，太重要了。

二、研究架構與流程：

(一) 研究架構圖



1. 透過 DFC 發表更換燈管可減少藍光量，希望學校能夠採納全面更換，保護同學視力，讓學習更給力。
2. 降藍光而不察覺螢幕變黃的機制可以解決傳統防藍光 app 的缺點，使大眾更願意使用，保護靈魂之窗。

圖 4-2-1 研究架構圖

(二) 研究流程圖

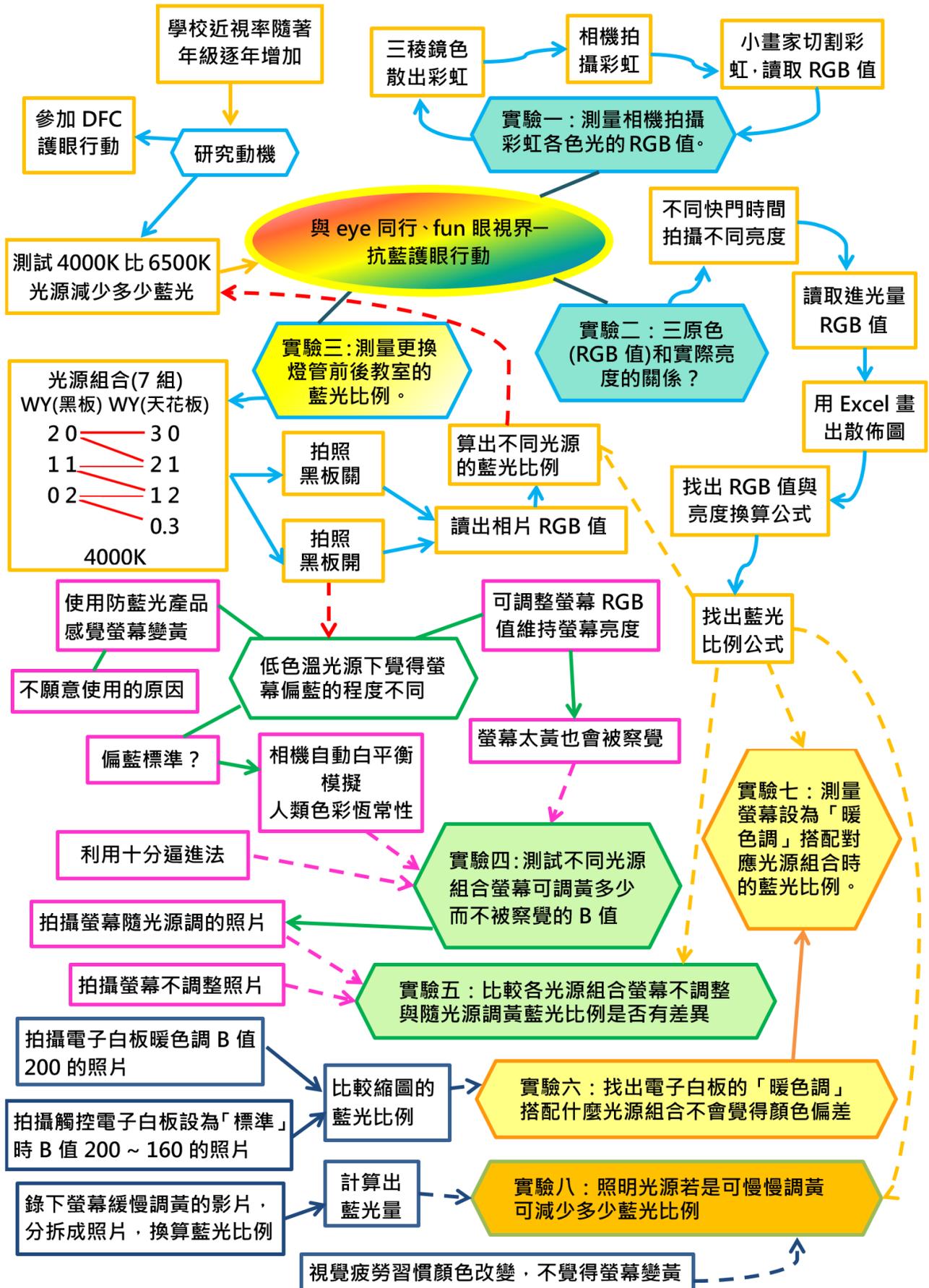


圖 4-2-2 研究流程圖

三、實驗一：測量相機拍攝彩虹各色光的三原色（RGB）值

（確認相機能否做為測量藍光的工具）

用相機拍攝陽光經三稜鏡投影出的彩虹

用小畫家讀取 RGB 值
比對彩虹藍色位置

確認相機可做為測量藍光的工具

（一）實驗說明：用相機拍攝陽光經過三稜鏡投影出的彩虹，看看相機拍到的藍紫光部分像素 RGB 值中的 B 值是否較高。

（二）器材準備及設定：

1.製作彩虹箱：紙箱內部以塗黑，開孔安裝三菱鏡，底部放置白紙讓彩虹投影，開圓孔以便相機拍攝，另外以瓦楞板製作 1mm 縫卡，用來阻擋多餘光線照射三菱鏡。

2.相機設定：相機感光度 ISO=100，白平衡設為手動 6500K（陽光色溫），光圈固定 F / 5.6，焦距最長（50mm）盡量把彩虹拍大一些。

（三）實驗操作：在陽光直射下，調整彩虹箱角度和縫卡位置，使彩虹投影在箱內白紙上，相機透過圓孔拍攝彩虹，以不同快門時間（不同曝光值）拍攝，確保讀取數據可用（RGB 值都不超過 250）。

（四）讀取數據及處理：彩虹照片以軟體「小畫家」開啟，擷取彩虹影像，分割為 40 區塊，以「調整大小」功能每將區塊縮小為 1x1 像素，以「色彩選擇器」及「編輯色彩」功能讀取像素的 RGB 值，輸入軟體「Excel」繪製成折線圖。



圖 4-3-1 用相機拍攝彩虹

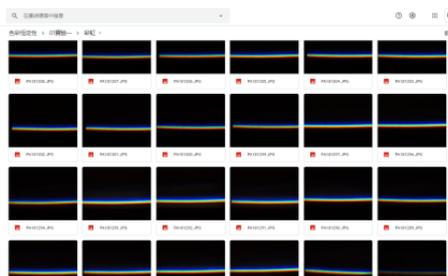


圖 4-3-2 挑選拍攝的彩虹影像

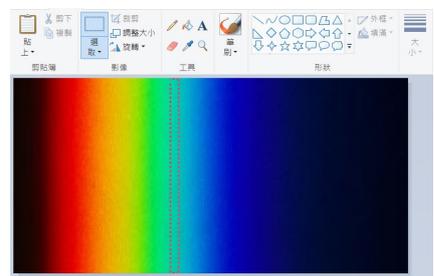


圖 4-3-3 選取 1/40 彩虹像素



圖 4-3-4 學習處理圖像及數據

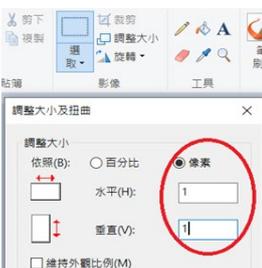


圖 4-3-5 將照片縮小



圖 4-3-6 以色彩選擇器點選像素

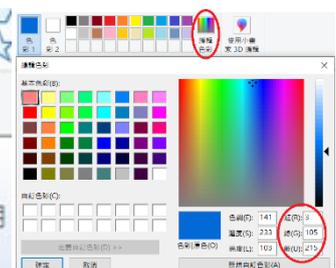


圖 4-3-7 讀取並記錄 RGB 值

四、實驗二：找出相片中像素 RGB 值與實際亮度的關係（找出 RGB 值換算成亮度的公式）

以不同快門時間拍攝不同亮度之照片

讀取 RGB 值與進光量繪出散佈圖

以散佈圖趨勢線得到將 RGB 值換算亮度的公式

（一）實驗說明：影像檔中素像的 RGB 值越大代表三原色光越強，但 RGB 值與光強度不是直線的正比關係，所以要設計實驗二來找出兩者關係。

(二) 器材準備及設定：

1. 製作可調亮度光源箱：以黑色瓦楞板製作箱體，底座安裝燈座、燈泡，內部安裝兩片可調角度的偏光片，上層加一層描圖紙避免光源直射相機鏡頭。
2. 相機設定：相機感光度 ISO=100，白平衡手動設定為燈泡標示的 4000K，光圈手動設定為 F / 5.6，焦距最長（50 mm）。
3. 照度計設定：配合測量照度調整檔位，提高數據的小數位數，39 lx 以下可顯示小數後兩位，399 lx 以下可顯示小數後一位，400 lx 可以顯示至個位。

(三) 實驗操作：

1. 調整照度：照度計安裝在「可調亮度光源箱」上，以偏光片角度調出照度 10、20、30、40、50、60、80、100、150、200、250、300、350、400、450、480、580lx。
2. 相機透過可調亮度光源箱上方圓孔以不同快門拍攝各照度照片，各照度以相機以快門時間 2、1.6、1.3、1、0.8、0.6、0.5、0.4、1/4、1/5、1/6、1/8、1/10、1/13、1/15、1/20、1/25、1/30、1/40、1/50、1/60、1/80、1/100、1/125、1/160、1/200、1/250、1/320、1/400、1/500、1/640、1/800、1/1000、1/1250、1/1600、1/2000 秒拍攝。

- (四) 讀取數據及處理：相片檔以「Photocap」影像處理軟體批次縮小為 1×1 像素，分別讀出 RGB 值，去除 RGB 大於 250 的資料；以「照度」×「快門時間」=「進光量」，將對應的「RGB 值」、「進光量」繪成散佈圖，加上趨勢線，趨勢線格式選擇「多項式」冪次「6」，勾選「在圖表上顯示公式」分別得到「R、G、B 值」與「進光量」之關係公式。



圖 4-4-1 調整照度



圖 4-4-2 以不同快門拍攝



圖 4-4-3 每種照度以不同快門拍的照片

五、實驗三：測量教室更換燈管前後的藍光比例。

在教室拍攝不同燈管組合及開、關黑板之相片

縮圖讀出 RGB 值，再以實驗二得到的公式換算三原色亮度

利用「B 亮度 / (R 亮度 + G 亮度 + B 亮度)」算出藍光比例

- (一) 實驗說明：測試教室更換光源前（6500K T5 燈管）、更換衛福部國民健康署建議的照明光源（4000K T5 燈管）及穿插混用 3000K 及 6500K 光源時的藍光比例。

(二) 器材準備及設定：

1. 相機設定：相機感光度 ISO=100，白平衡手動設定為 6500K，在手動曝光模式下光圈設定為 F / 5.6、快門時間 1/30 秒，焦距最短（16mm）。
2. 相機位置：相機固定在三腳架上，置於教室中間第三排座位相當於同學坐在椅子上時眼睛高度（約 105 cm）。
3. 光源設定：七種組合如下表。（光源組合以「黑板燈白光、黑板燈黃光、天花板燈白光、天花板燈黃光」四碼數字表示）

表 4-5-1 4000K 及各種穿插混用 3000K、6500K 的光源組合

各種燈具混合方式 (黑板燈 6500K*2、黑板燈 3000K*0、天花板燈 6500K*2、天花板燈 3000K*1 標為「2021」)		天花板照明 (每組燈具三支 T5 燈管)				
		6500K*3	6500K*2 3000K*1	6500K*1 3000K*2	3000K*3	4000K*3
黑板燈 (每組燈具二支 燈管)	6500K*2	V(2030 或 6500K)	V(2021)			
	6500K*1 3000K*1		V(1121)	V(1112)		
	3000K*2			V(0212)	V(0203 或 3000K)	
	4000K*2					V(4000K)

(三) 實驗操作：相機在設定位置向教室前黑板方向拍攝學生視角看見的上課景像；在 6500K、4000K、3000K 與 6500K 穿插光源下，分別拍攝未拉開黑板及拉開黑板（露出觸控電子白板）兩種狀況。

(四) 讀取數據及處理：相片檔縮小為 1×1 像素，讀出 RGB 值，輸入軟體「Excel」以實驗二得到的關係式換算三原色亮度，再計算「B 亮度 / (R 亮度 + G 亮度 + B 亮度)」得到藍光比例。



圖 4-5-1 討論護眼策略

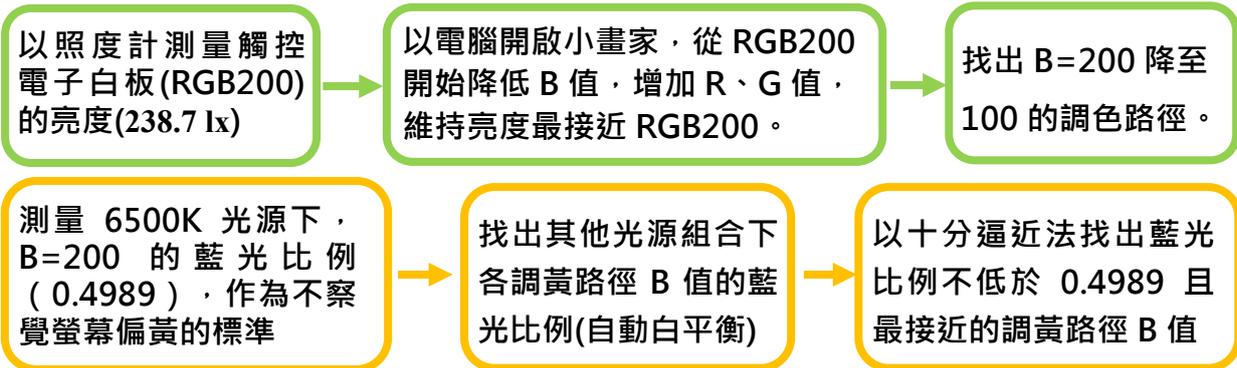


圖 4-5-2 討論拍攝流程



圖 4-5-3 拍攝不同燈管組合的照片

六、實驗四：以相機的「自動白平衡」模擬「色彩恆常性」，測試低色溫光源下螢幕可調黃多少而不被察覺。



(一) 實驗說明：

1. 找出不影響螢幕亮度的螢幕調黃路徑：

(1) 發現色彩恆常性：實驗三發現更換低色溫光源時，會有觸控電子白板看起來偏藍的情形，這是「色彩恆常性」的視覺現象（照片中的電子白板顏色偏藍（自動白平衡造成的）），既然在低色溫光源下會覺得螢幕變藍，那乾脆也把螢幕調黃，既能降低藍光，也能消除感覺畫面變藍的色偏情況。

(2)調黃螢幕不影響亮度：以降低 B 值方式調整螢幕時，藍光亮度降低，螢幕整體亮度會下降，所以要找出調黃螢幕，且不影響亮度的調整方式（減 B 值降低亮度，要以加 R、G 值補回來，這樣才能不被察覺螢幕變暗了）。

2. 低色溫光源下，每個人察覺螢幕偏藍的程度不同，相機的「自動白平衡」功能與人類「色彩恆常性」相似，以「自動白平衡」模擬「色彩恆常性」能避免個人主觀差異，找出低色溫光源下螢幕可調黃多少不被察覺（依前項得到的不影響亮度的調黃路徑）。

(二) 器材準備及設定：

1. 照度計設定：同實驗二，盡量提高數據的小數位數。
2. 相機設定：相機感光度 ISO=100，設定「自動白平衡」，在手動曝光模式下光圈設定為 F / 5.6、快門時間 1/30 秒，焦距最短（16mm）。
3. 相機位置：同實驗三。
4. 觸控電子白板螢幕設定：螢幕顏色亮度調為預設值，畫面呈現軟體「PowerPoint」開啟「調色簡報檔」。
5. 光源設定：如實驗三。

(三) 實驗操作：

1. 尋找調黃路徑：將照度計感測器固定在遮光罩圓孔，連同遮光罩平貼在觸控電子白板；電腦開啟軟體「小畫家」，畫面以「填入色彩」（水桶工具）工具倒滿淺灰色（R=200，G=200，B=200），記錄照度計數值（螢幕要維持的亮度數值），比較螢幕顯示「R=200，G=200，B=199」和「R=201，G=200，B=199」何者與「R=200，G=200，B=200」亮度最接近，再依此調低 B 值，R 與 G 值輪流增加，依序找出 B=200 降至 100 的調黃路徑。
2. 讀取數據及處理：將找到調色路徑以軟體「PowerPoint」製作螢幕「調色簡報檔」。



圖 4-6-1 3000K 光源下，自動白平衡模式、手動白平衡模式，拍攝開、關黑板的照片



圖 4-6-2 固定照度計與遮光罩

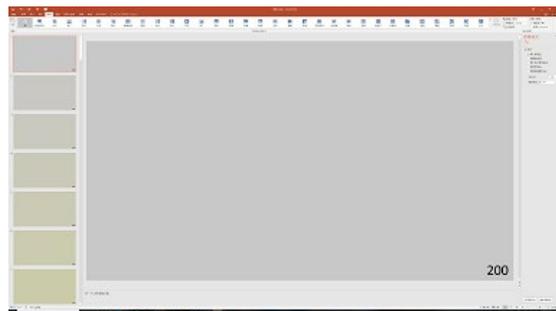


圖 4-6-3 製作調色圖檔 (PPT)



圖 4-6-4 更換燈管準備實驗

	R	G	B	亮度	亮度差	R	G	B	亮度	亮度差
12						200	200	200	238.7	=>當作標準
14	201	200	199	241.3	2.6	200	200	199	238.4	-0.3
15	201	200	198	241.0	2.3	200	200	198	238.1	-0.6
16	201	200	197	240.6	1.9	200	200	197	237.9	-0.8
17	201	200	196	240.2	1.5	200	200	196	237.6	-1.1
18	201	200	195	239.9	1.2	200	200	195	237.3	-1.4
19						201	200	195	239.9	1.2
20						201	200	194	238.9	0.2
21	201	201	193	241.2	2.5	201	200	193	237.7	-1.0
22	201	201	192	240.4	1.7	201	200	192	236.8	-1.9
23						201	201	192	240.4	1.7
24						201	201	191	240.1	1.4
25						201	201	190	239.8	1.1
26						201	201	189	239.3	0.6
27	202	201	188	241.9	3.2	201	201	188	238.6	-0.1
28	202	201	187	241.5	2.8	201	201	187	238.2	-0.5
29	202	201	186	240.1	1.4	201	201	186	237.2	-1.5
30						202	201	186	240.1	1.4
31	202	202	185	240.3	1.6	202	201	185	238.3	-0.4
32	202	202	184	239.7	1.0	202	201	184	237.3	-1.4

圖 4-6-5 依實驗操作的規則找出調黃路徑（黃底部分）

以 RGB 值為 200 時的照度(238.7 lx)為標準，調整原則為從 B=200 開始調降，每次降 1，比較 R、G 值不調整、調高 R 值或調高 G 值時的亮度值，選取「亮度差」最接近 RGB 值皆為 200 時的標準亮度為路徑，以此原則找出 B 值 200~100 的調黃路徑，用 PowerPoint 做成「調色簡報檔」供後續實驗五、六、七、八使用，讓後續的實驗有一致的調黃路徑。

表 4-6-1 以照度代替亮度為標準找出的螢幕調黃路徑（亮度差為與 238.7lx 的比較值）

R	G	B	亮度(lx)	亮度差(lx)	R	G	B	亮度(lx)	亮度差(lx)
200	200	200	238.7	0.0	203	203	169	238.3	0.4
200	200	199	238.4	0.3	203	203	168	238.1	0.6
200	200	198	238.1	0.6	203	203	167	237.8	0.9
200	200	197	237.9	0.8	203	203	166	237.5	1.2
200	200	196	237.6	1.1	203	203	165	237.3	1.4
201	200	195	239.9	-1.2	203	203	164	237.1	1.6
201	200	194	238.9	-0.2	204	203	163	240.1	-1.4
201	200	193	237.7	1.0	204	203	162	239.3	-0.6
201	201	192	240.4	-1.7	204	203	161	238.4	0.3
201	201	191	240.1	-1.4	204	204	160	239.8	-1.1
201	201	190	239.8	-1.1	204	204	159	239.2	-0.5
201	201	189	239.3	-0.6	204	204	158	238.7	0.0
201	201	188	238.6	0.1	204	204	157	238.1	0.6
201	201	187	238.2	0.5	204	204	156	237.5	1.2
202	201	186	240.1	-1.4	205	204	155	240.7	-2.0
202	201	185	238.3	0.4	205	204	154	240.3	-1.6
202	202	184	239.7	-1.0	205	204	153	240.0	-1.3
202	202	183	239.3	-0.6	205	204	152	239.7	-1.0
202	202	182	238.8	-0.1	205	204	151	239.2	-0.5
202	202	181	237.9	0.8	205	204	150	238.9	-0.2
203	202	180	240.2	-1.5	205	204	149	238.6	0.1
203	202	179	239.3	-0.6	205	204	148	238.1	0.6
203	202	178	238.2	0.5	205	204	147	237.7	1.0
203	203	177	240.2	-1.5	205	204	146	237.5	1.2
203	203	176	240.0	-1.3	205	204	145	237.4	1.3
203	203	175	239.9	-1.2	205	204	144	237.1	1.6
203	203	174	239.6	-0.9	205	205	143	240.1	-1.4
203	203	173	239.3	-0.6	205	205	142	239.9	-1.2
203	203	172	239.1	-0.4	205	205	141	239.7	-1.0
203	203	171	238.9	-0.2	205	205	140	239.5	-0.8
203	203	170	238.7	0.0					

3. 找出以「自動白平衡」模擬時，判斷是否察覺畫面變黃的標準：在光源 6500K 下，觸控電子白板開啟「調色簡報檔」「調色路徑 B=200」畫面，相機在設定位置向教室前觸控電子白板方向拍攝學生視角看見的上課影像，以「Adobe PhotoShop」影像處理軟體開啟，使用「滴管工具」（樣本尺寸 5x5 平均像素）讀取觸控電子白板螢幕中心部位像素 RGB 值輸入軟體「Excel」，RGB 值分別以關係式換算三原色亮度，再計算「 $B \text{ 亮度} / (R \text{ 亮度} + G \text{ 亮度} + B \text{ 亮度})$ 」得到藍光比例（0.4989）作為「不察覺螢幕偏黃」的標準。
4. 以「十分逼近法」方式，在其他六種光源組合下拍攝顯示調黃路徑 B=190、180、170、160、150、140、130 的「調色簡報檔」畫面，依「實驗操作 - 3」算出藍光比例，找出 B 值區間，例如：在 3000K 光源下，B=150 時，藍光比例 0.4966，B=160 時，藍光比例 0.5017，再拍 B=151~159，找出藍光比例 0.4989 以上且最接近的調黃路徑 B 值。



圖 4-6-6 實驗前確認流程



圖 4-6-7 調整相機位置



圖 4-6-8 相機位置與學生眼睛高度相同



圖 4-6-9 老師解說相機設定



圖 4-6-10 拍攝畫面



圖 4-6-11 依實驗流程完成照片拍攝

七、實驗五：測量各光源組合下，螢幕設為不被察覺的調黃 B 值時的藍光比例。

拍攝不同光源搭配不被察覺螢幕偏黃 B 值的照

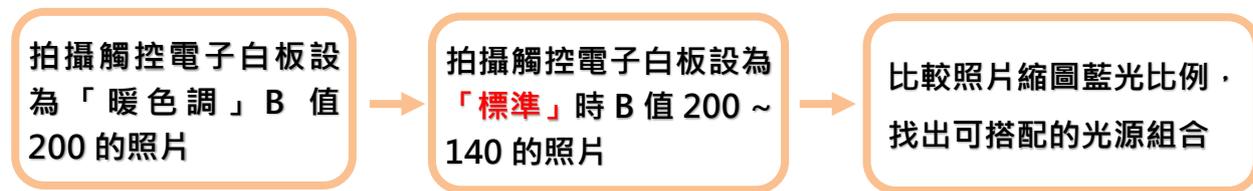
讀出 RGB 值，以公式換算三原色亮度

利用「 $B \text{ 亮度} / (R \text{ 亮度} + G \text{ 亮度} + B \text{ 亮度})$ 」算出藍光比例

- (一) 說明：換成低色溫光源可減少藍光，將螢幕畫面調黃（降低藍光）也能減少藍光，測量教室更換低色溫光源，同時將觸控電子白板螢幕調到以「自動白平衡」模擬模擬「色彩恆常性」找出不被察覺的調黃程度時的藍光比例。
- (二) 器材準備及設定：
 1. 相機設定：同實驗二 - 1。
 2. 相機位置：同實驗二 - 1。
 3. 觸控電子白板螢幕設定：螢幕顏色亮度調為「標準」，依在六種光源組合下找到的不被察覺調黃程度開啟「調色簡報檔」呈現調色路徑 B 的值顏色。
 4. 光源設定：如實驗三。

- (三) 實驗操作：同實驗二 - 1。
- (四) 讀取數據及處理：同實驗二 - 1。

八、實驗六：測量觸控電子白板的「暖色調」與「標準色調」下「調黃路徑 B 值」多少時接近，找出「暖色調」搭配什麼光源的組合不會覺得顏色偏差。



(一) 說明：學校的觸控電子白板顏色只有三種設定-「冷色調」、「標準」和「暖色調」，和一般電腦螢幕或電視能分別調整 RGB 值不同，所以要回過頭來測量「暖色調」接近的調黃路徑 B 值，並找出相互搭配的適合光源。

(二) 器材準備及設定：

1. 相機設定：相機感光度 ISO=100，白平衡手動設定為 6500K，在手動曝光模式下光圈設定為 F / 5.6、快門時間 1/30 秒，焦距最長（50mm）。
2. 觸控電子白板螢幕設定：步驟一螢幕調為「暖色調」，步驟二調為「標準」色調，畫面呈現軟體「PowerPoint」開啟「調色簡報檔」。

(三) 實驗操作：

1. 步驟一：相機透過遮光罩圓孔，連同遮光罩平貼在觸控電子白板；在觸控電子白板顏色設為「暖色調」時，拍攝淺灰色（R=200，G=200，B=200）畫面。
2. 步驟二：相機透過遮光罩圓孔，連同遮光罩平貼在觸控電子白板；在觸控電子白板顏色設為「標準」色調時，顯示調黃簡報檔，依調黃路徑 B=200~140 拍攝。

(四) 讀取數據及處理：

1. 步驟一：以「小畫家」影像處理軟體將照片縮小為 1×1 像素，讀出 RGB 值換算出藍光比例，作為標準。
2. 步驟二：以「Photocap」影像處理軟體將照片批次縮小為 1×1 像素，讀出 RGB 值換算出藍光比例，與步驟一所得比較，找出相近的調黃路徑 B 值，與實驗五所得逆向比對，找出藍光比例最接近的光源組合。



圖 4-8-1 可自由調整色調的螢幕



圖 4-8-2 螢幕顏色亮度調為「標準」



圖 4-8-3 相機固定



圖 4-8-5 拍下螢幕顏色

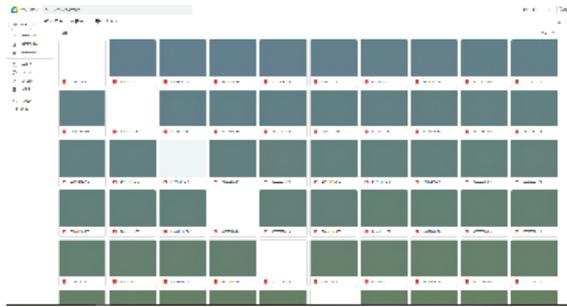


圖 4-8-6 整理照片、縮圖讀取 RGB 值

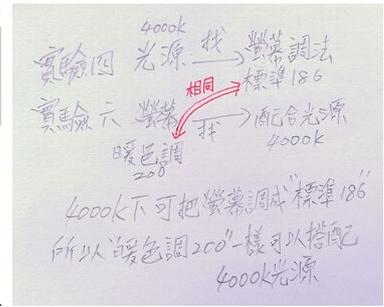


圖 4-8-7 找到對應光源組合

九、實驗七：以「實驗六」找出的光源組合搭配螢幕「暖色調」，測量藍光比例。

4000K 光源下，螢幕
設為「暖色調」B 值
200

拍攝學生視野的照片、縮圖為 1×1，讀
取 RGB 值

以相片 RGB 值轉換亮度
並計算出藍光比例

(一) 說明：學校的觸控電子白板顏色只有三種設定-「冷色調」、「標準」和「暖色調」，和一般電腦螢幕或電視能分別調整 RGB 值不同，所以要回過頭來測量「暖色調」接近的調黃路徑 B 值，並找出相互搭配的適合光源。

(二) 器材準備及設定：

1. 相機設定：同實驗三；步驟一、二焦距設為**最長（50mm）**，步驟三焦距設為**最短（16mm）**。
2. 觸控電子白板螢幕設定：步驟一螢幕調為「暖色調」，步驟二調為「標準」色調，步驟三調為「暖色調」。
3. 光源設定：步驟三光源更換為以步驟二測得最接近的調黃路徑 B 值找出對應的光源組合「1121」。

(三) 實驗操作：

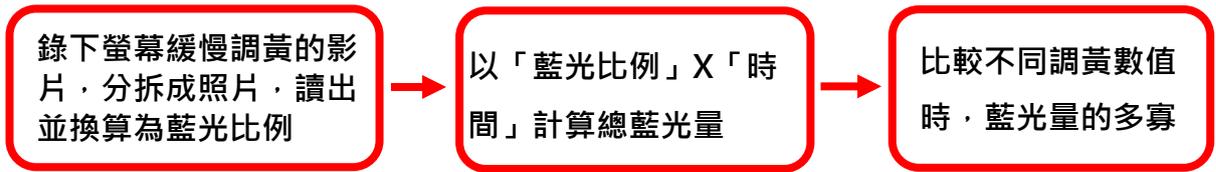
1. 步驟一：相機透過遮光罩圓孔，連同遮光罩平貼在觸控電子白板；在觸控電子白板顏色設為「暖色調」時，拍攝淺灰色（R=200，G=200，B=200）畫面。
2. 步驟二：相機透過遮光罩圓孔，連同遮光罩平貼在觸控電子白板；在觸控電子白板顏色設為「標準」色調時，依調黃路徑 B=200~140 拍攝。
3. 步驟三：找出最接近的調黃路徑 B 值對應的光源組合，觸控電子白板設為「暖色調」，相機在設定位置向教室前黑板方向拍攝學生視角看見的上課景象；拍攝拉開黑板（露出觸控電子白板）影像。

(四) 讀取數據及處理：

1. 步驟一：以「小畫家」影像處理軟體將照片縮小為 1×1 像素，讀出 RGB 值換算出藍光比例，作為標準。
2. 步驟二：以「photocap」影像處理軟體將照片批次縮小為 1×1 像素，讀出 RGB 值換算出藍光比例，與步驟一所得比較，找出相近的調黃路徑 B 值，與實驗五所得逆向比對，找出藍光比例最接近的光源組合。
3. 步驟三：如實驗三。

十、實驗八：測試利用視覺疲勞現象調黃（減藍）螢幕時能減少多少藍光比例

（螢幕在使用時慢慢調黃）



（一）說明：3C 產品的防藍光 APP 因為會使畫面變黃，讓大部分人不願使用，除了在低色溫光源下調黃螢幕能不被察覺外，利用「視覺疲勞」眼睛會自然習慣顏色改變，也有畫面變黃不被察覺的效果（溫水煮青蛙）。

（二）器材準備及設定：

1. 錄影設定：相機感光度 ISO=100，設定「手動白平衡」6500K，在手動曝光模式下光圈設定為 F / 5.6，焦距最短（16mm）。
2. 錄影機位置：同實驗三相機位置。
3. 準備調黃動畫：以實驗四所得不影響亮度的調黃路徑先製作簡報檔，設定為每 5 秒跳頁（每 5 秒 B 值降 0、1、2、3、4、5，降 20 次，共 105 秒）。
4. 觸控電子白板螢幕設定：螢幕顏色亮度調為預設值。
5. 光源設定：使用 4000K 組合光源。

（三）實驗操作：觸控電子白板螢幕播放慢慢變黃的影片，錄影機在設定位置向教室前黑板方向拍攝學生視角看見的上課景像。

（四）讀取數據及處理：將影片以「Free Video to JPG Converter」分拆成 JPG 影像檔，在每個調黃路徑 B 值的五秒內挑出一張照片，以「Photocap」影像處理軟體批次縮小為 1x1 像素，分別讀出 RGB 值輸入軟體「Excel」換算為三原色亮度，計算「B 亮度 / (R 亮度 + G 亮度 + B 亮度)」並繪出折線圖。



圖 10-1-1 設定投影片每五秒換頁

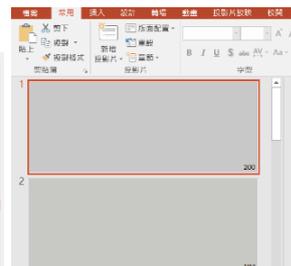


圖 10-1-2 B 值每次降 3

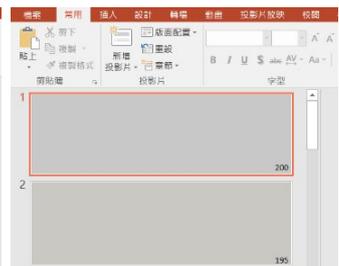


圖 10-1-3 B 值每次降 5



圖 10-1-4 不同降 B 值拍的影片



圖 10-1-5 整理照片、縮圖讀取 RGB 值

伍、研究結果

一、實驗一：測量相機拍攝彩虹各色光的三原色（RGB）值

（確認相機能否做為測量藍光的工具）

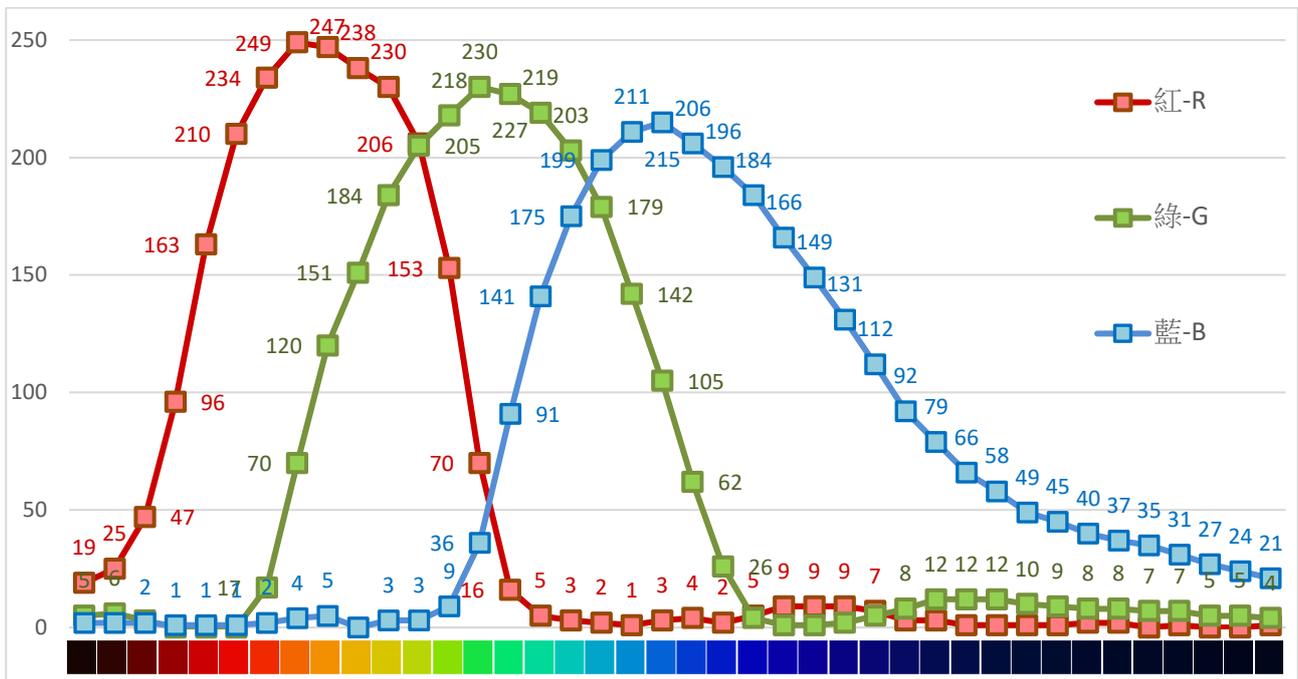


圖 5-1-1 彩虹中各顏色光 RGB 值及藍光比例

相機拍的彩虹藍色部分素像的 B 值相對較高，和文獻說明藍光分佈在光譜藍紫色的部位相符，表示相機可以用來測量藍光，也能分別測量三原色光的強弱。RGB 值能表示三原色光的強弱，應設計實驗，看看兩者間是不是正比關係，才知道能不能直接用「藍光亮度 / (紅光亮度 + 綠光亮度 + 藍光亮度)」來計算藍光比例。

二、實驗二：找出相片中像素 RGB 值與實際亮度的關係（找出 RGB 值換算成亮度的公式）

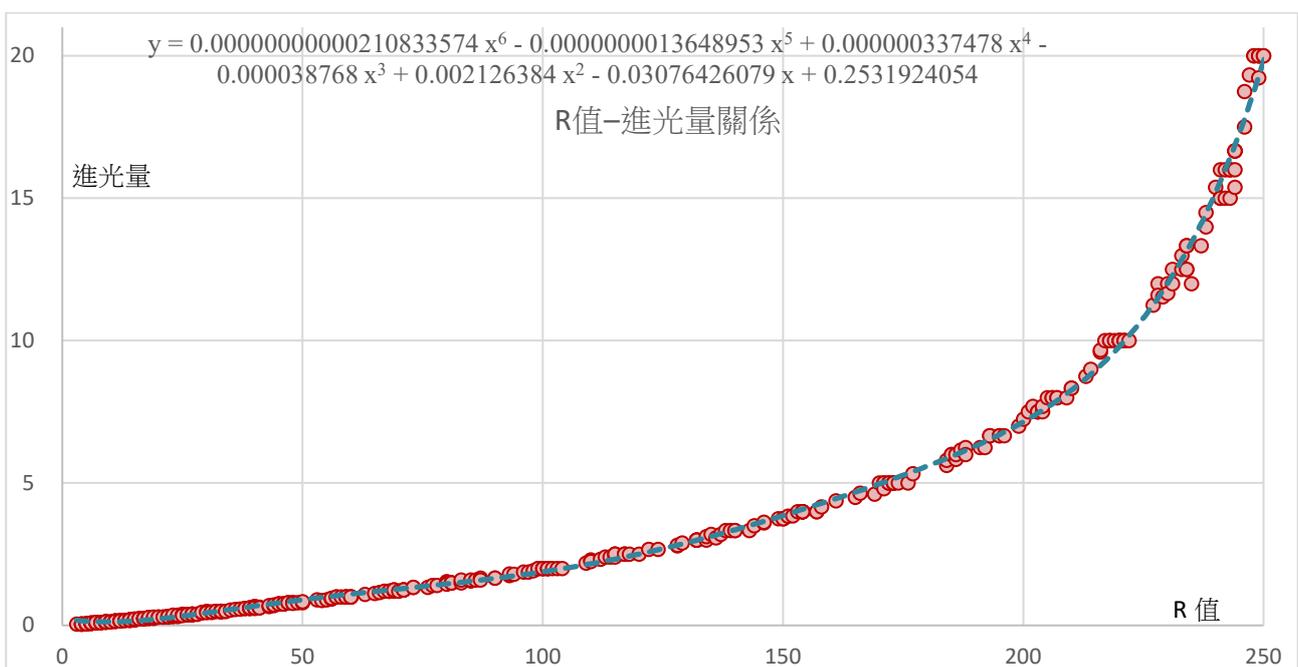


圖 5-2-1 縮圖像素 R 值-進光量關係散佈圖與趨勢線、關係公式

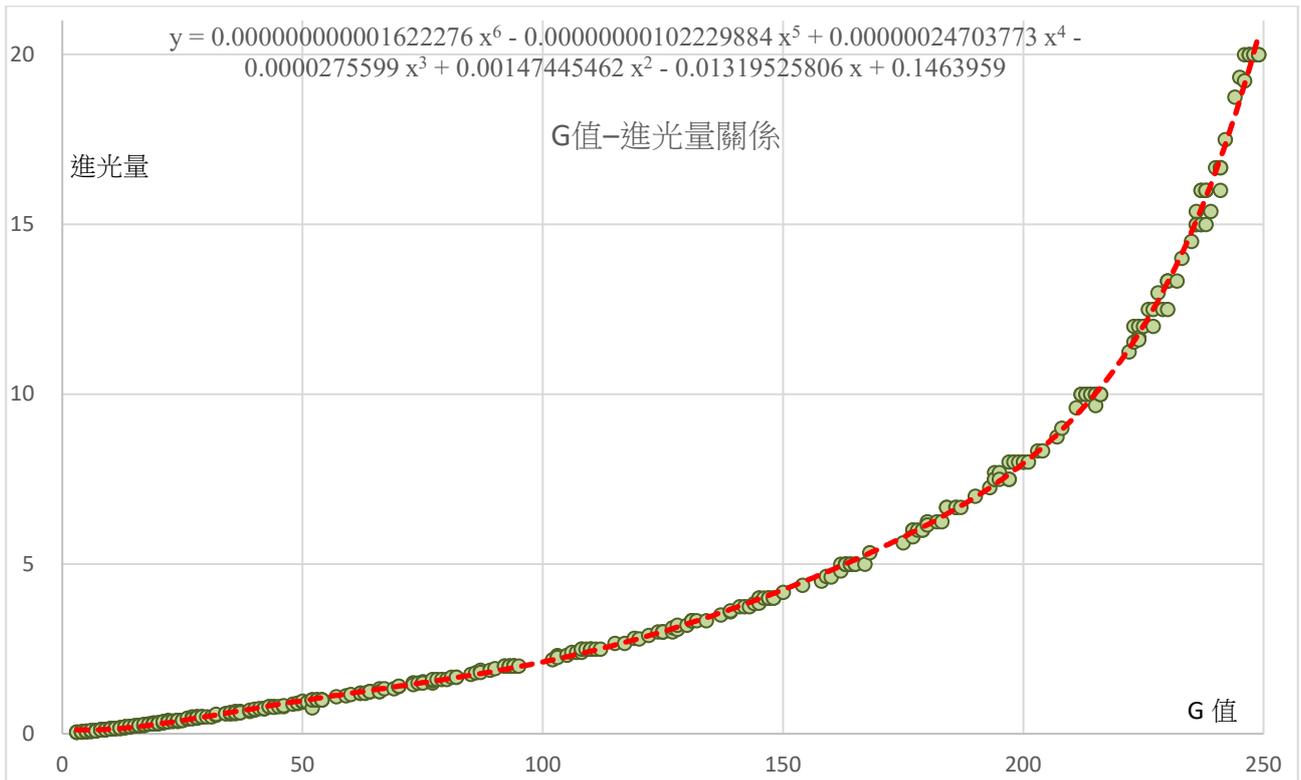


圖 5-2-2 縮圖像素 G 值-進光量關係散佈圖與趨勢線、關係公式

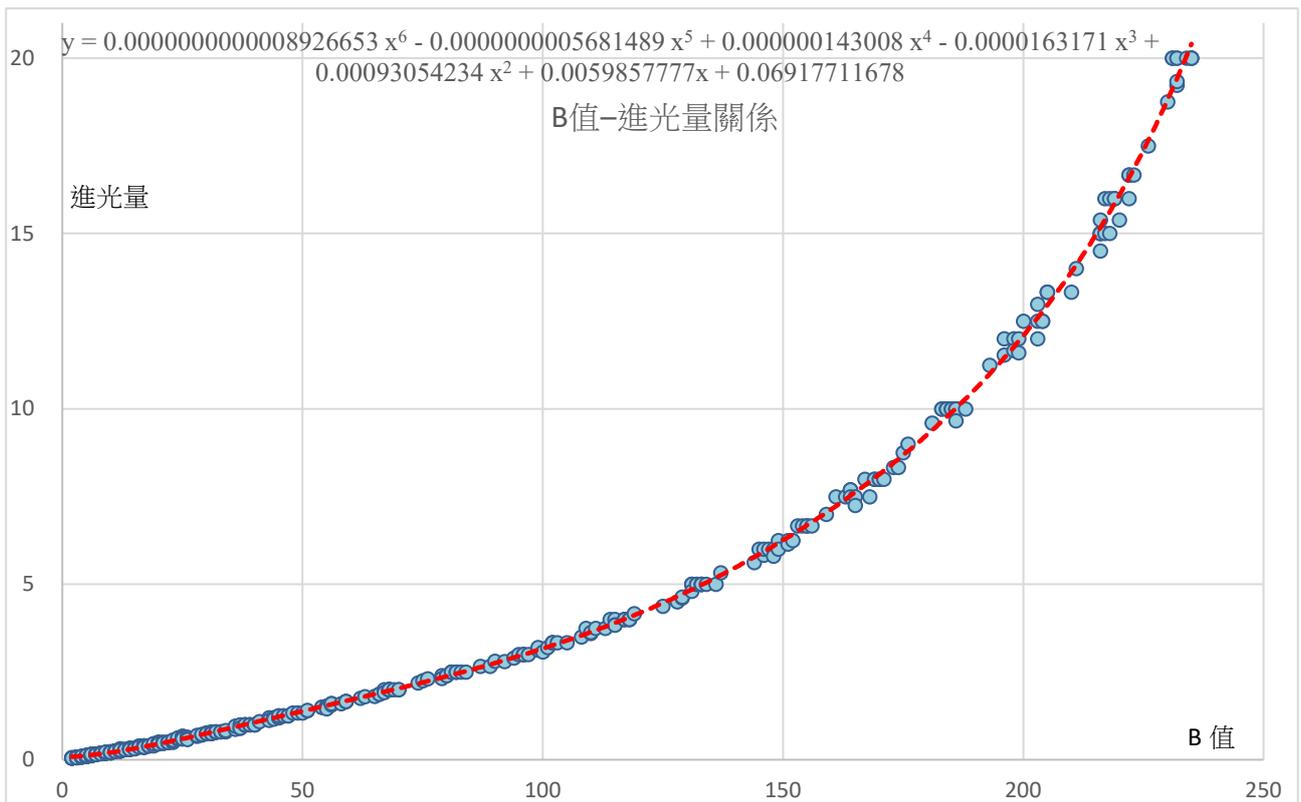


圖 5-2-3 縮圖像素 B 值-進光量關係散佈圖與趨勢線、關係公式

由三張 RGB 值與進光量的散佈圖可以知道，RGB 值與進光量之間不是正比的關係，利用 Excel 找出的關係公式能將 RGB 值換算為三原色光的實際亮度，這樣就能利用「藍光亮度 / (紅光亮度 + 綠光亮度 + 藍光亮度)」計算藍光比例，來比較更換較低色溫的照明光源是不是真的可以減少藍光。

三、實驗三：測量教室更換燈管前後的藍光比例

表 5-3-1 各種光源組合下照片像素縮圖的 RGB 值

	光源組合 (黑板燈 6500K×2、黑板燈 3000K×0、天花板燈 6500K×2、天花板燈 3000K×1 標為「2021」)																				
	「2030」6500K			「2021」			「1121」			4000K			「1112」			「0212」			「0203」3000K		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
黑板開	101	95	83	93	89	77	104	83	61	105	83	58	100	79	50	115	82	47	112	77	35
黑板關	93	87	73	84	78	64	112	91	64	103	79	51	104	81	50	118	81	47	115	76	33

表 5-3-2 6500K 光源下照片像素的 RGB 值換算三原色亮度的藍光比例 (藍光亮度 / (紅、綠、藍光亮度合計))

	相片縮圖像素三原色值			三原色光換算亮度			藍光比例
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
黑板開	101	95	83	1.9055	1.9742	2.4874	0.3907
黑板關	93	87	73	1.7137	1.7711	2.1358	0.3800

表 5-3-3 各種光源組合下照片像素的 RGB 值換算三原色亮度的藍光比例及百分比 (以 6500K 時為 100%)

光源組合	黑板開	黑板關
「2030」(6500K)	0.3907 (100.0%)	0.3800 (100.0%)
「2021」	0.3915 (100.2%)	0.3723 (98.0%)
「1121」	0.3219 (82.4%)	0.3097 (81.5%)
4000K	0.3079 (78.8%)	0.2855 (75.1%)
「1112」	0.2854 (73.1%)	0.2769 (72.9%)
「0212」	0.2447 (62.6%)	0.2409 (63.4%)
「0203」(3000K)	0.1936 (49.6%)	0.1795 (47.2%)

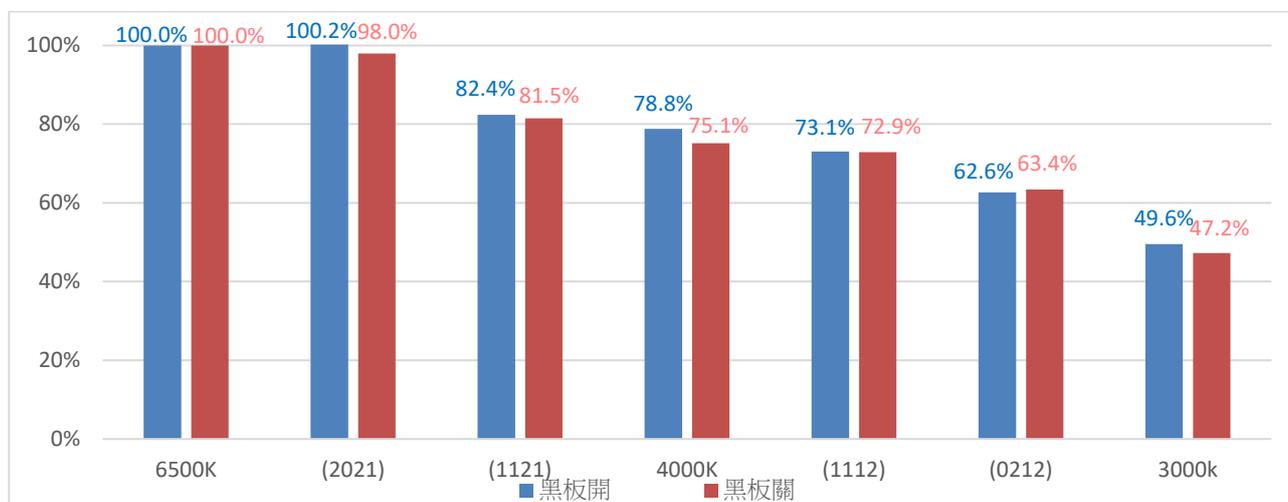


圖 5-3-1 各種光源組合與 6500K 比較的藍光比例

教室照明光源更換為衛福部建議的 4000K 光源時，藍光比例降為 75.1~78.8%，減少 21.2~24.9%，表示衛福部建議更換 4000K 光源真的能減少藍光，而推開黑板露出觸控電子白板時藍光比例較關閉黑板時稍高。

檢視以「自動白平衡」模式拍攝的測量照片，可以發現光源色溫越低，觸控電子白板偏藍色的情況就越明顯，和用眼睛直接觀察的情況一樣，經查文獻，照片上電子白板部位偏藍是相機「自動白平衡」功能造成的，而眼睛看到電子白板部位偏藍是因為「色彩恆常性」的作用，在低色溫光源下覺得電子白板偏藍，那就可以將電子白板螢幕調黃，應該能減少更多藍光比例；為了瞭解各種光源組合下，螢幕能調黃多少而不被察覺，可以利用相機「自動白平衡」功能模擬「色彩恆常性」，避免用肉眼觀察時的主觀誤差。

四、實驗四：以相機的「自動白平衡」模擬「色彩恆常性」，測試低色溫光源下螢幕可調黃多少而不被察覺

表 5-4-1 各色溫光源下照片中螢幕像素換算亮度得到的藍光比例

調黃路徑 B 值	光源組合 (黑板燈 6500K×2、黑板燈 3000K×0、天花板燈 6500K×2、天花板燈 3000K×1 標為「2021」)						
	6500K(2030)	「2021」	「1121」	4000K	「1112」	「0212」	3000K(0203)
200	0.4989	0.5050	0.5058	0.5104	0.5137	0.5160	0.5257
190		0.4972	0.4998	0.5017	0.5071	0.5061	0.5148
180		0.4896	0.4896	0.4948	0.4983	0.5017	0.5092
170		0.4764	0.4773	0.4854	0.4918	0.4997	0.5049
160		0.4631	0.4688	0.4754	0.4874	0.4844	0.5017
150		0.4586	0.4607	0.4677	0.4762	0.4808	0.4966
140		0.4516	0.4567	0.4647	0.4730	0.4751	0.4899
找出不被察覺的路徑 B 值		192	189	186	182	168	157

表 5-4-2 4000K 光源下以照片中螢幕像素找出不被察覺的調黃路徑 B 值（十分逼近法）

調黃路徑 B 值	相片中央三原色值			三原色亮度換算值			藍光比例
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
200	131	191	189	2.946	7.056	10.427	0.5104
190	131	189	185	2.946	6.878	9.892	0.5017
189	134	191	187	3.078	7.056	10.156	0.5005
188	135	192	188	3.123	7.147	10.290	0.5005
187	134	190	186	3.078	6.966	10.023	0.4995
186	132	191	186	2.989	7.056	10.023	0.4994
185	134	189	185	3.078	6.878	9.892	0.4984
184	135	190	186	3.123	6.966	10.023	0.4983
183	137	189	186	3.215	6.878	10.023	0.4982
182	136	185	183	3.169	6.542	9.636	0.4981
181	130	187	182	2.902	6.707	9.510	0.4974
180	138	187	184	3.262	6.707	9.763	0.4948
170	130	188	179	2.902	6.791	9.145	0.4854
160	136	188	178	3.169	6.791	9.026	0.4754
150	138	189	177	3.262	6.878	8.909	0.4677
140	134	188	174	3.078	6.791	8.568	0.4647
130	133	184	167	3.033	6.461	7.821	0.4517

測試發現，在 6500K 光源下調黃路徑 B 值 200，螢幕中央像素藍光比例為 0.4989，以此為標準，在 4000K 光源下，相機以「自動白平衡」拍攝，在調黃路徑 B 值 186 時出現比標準藍光比例（0.4989）高且最接近的藍光比例（0.4994），3000K 光源時在調黃路徑 B 值則是 157；光源色溫越低時，相機「自動白平衡」的效果越強，調黃路徑 B 值也越小。由此可以推測實驗的各種光源組合的整體色溫由高到低為：6500K(2030)、「2021」、「1121」、4000K、「1112」、「0212」、3000K(0203)。

五、實驗五：測量更換光源並在不被察覺前提下調黃螢幕時的藍光比例

表 5-5-1 各光源組合的藍光比例（總光量為三原色光亮度總和）

光源組合 (調黃路徑 B 值)	相片縮圖三原色值			三原色亮度換算值			藍光比例 (藍光量/總光量)
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
2030(200)	94	91	77	1.7360	1.8696	2.2733	0.3867
2021(192)	94	86	72	1.7360	1.7473	2.1020	0.3763
1121(189)	104	84	60	1.9858	1.7007	1.7070	0.3165
4000k(186)	109	86	55	2.1308	1.7473	1.5459	0.2850
1112(182)	107	82	50	2.0711	1.6552	1.3854	0.2710
0212(168)	113	75	38	2.2574	1.5029	1.0008	0.2102
0203(157)	116	74	32	2.3587	1.4818	0.8108	0.1743

表 5-5-2 各光源組合下螢幕有無隨光源調黃的藍光比例比較

光源組合	螢幕不調整		螢幕隨光源調黃		百分比差
	藍光比例	與原光源、 螢幕設定相比	藍光比例	與原光源、 螢幕設定相比	
「2030」(6500K)	0.3907	100.0%	0.3888	99.5%	-0.5%
「2021」	0.3915	100.2%	0.3763	96.3%	-3.9%
「1121」	0.3219	82.4%	0.3165	81.0%	-1.4%
4000K	0.3079	78.8%	0.2850	73.0%	-5.9%
「1112」	0.2854	73.1%	0.2710	69.4%	-3.7%
「0212」	0.2409	61.7%	0.2102	53.8%	-7.9%
「0203」(3000K)	0.1936	49.6%	0.1743	44.6%	-4.9%
			平均(不含 2030)		-4.6%

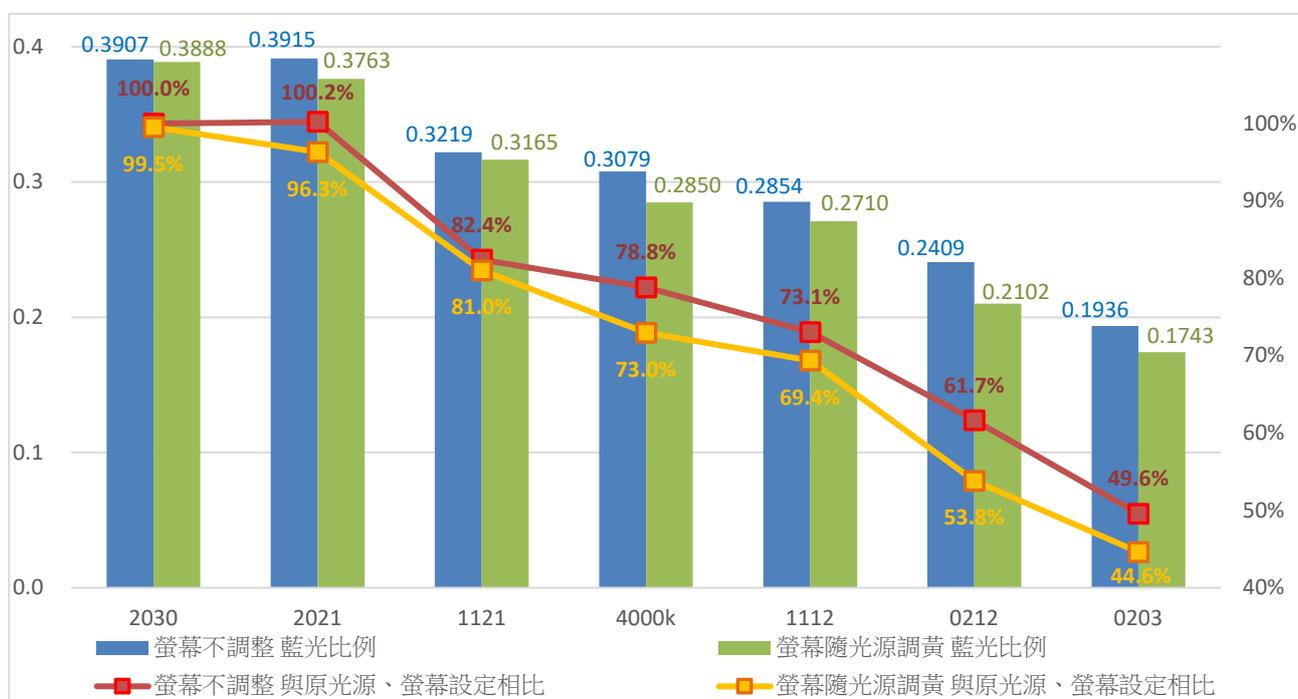


圖 5-5-1 各光源組合下螢幕有無隨光源調黃的藍光比例比較

以實驗四找到的各光源組合下不被察覺螢幕偏黃的調黃路徑 B 值，測量各光源組合下調黃螢幕時的藍光比例，發現隨光源色溫調黃螢幕比不調整螢幕藍光比例平均減少 4.6%，而且還能消除覺得螢幕偏藍的感覺。

六、實驗六：測量觸控電子白板的「暖色調」與「標準」色調下「調黃路徑 B 值」多少時接近，「暖色調」找出搭配什麼光源的組合不會覺得顏色偏差。

表 5-6-1 找出電子白板色調設在「暖色調」時，相當於設在「標準」時的調黃路徑 B 值

電子白板 色調設定	路徑 B 值	相片（拍螢幕）縮圖三原色值			三原色光換算亮度			藍光比例
		R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	藍光量/總光量
暖色調	200	66	81	86	1.2082	1.6328	2.5987	0.4777
標準	190	63	76	84	1.1544	1.5241	2.5242	0.4852
	189	63	76	84	1.1544	1.5241	2.5242	0.4852
	188	63	77	84	1.1544	1.5455	2.5242	0.4832
	187	65	78	84	1.1904	1.5670	2.5242	0.4779
	186	66	77	83	1.2082	1.5455	2.4874	0.4746
	185	65	76	80	1.1904	1.5241	2.3791	0.4671

電子白板螢幕「暖色調 200」的藍光比例在「標準 187」和「標準 186」之間，和實驗四的表 5-4-1 比對，可以發現與 4000K 光源下不被察覺的調黃路徑 B 值（186）最接近，所以 4000K 就是能和電子白板螢幕「暖色調」最搭配光源。

七、實驗七：：測量螢幕設為「暖色調」搭配對應光源組合時的藍光比例。

表 5-7-1 電子白板色調在「暖色調」時，使用光源組合「4000K」的和原狀態時的藍光比例比較

光源組合 螢幕設定	相片（學生視角）縮圖三原色值			三原色亮度換算值			藍光比例
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	藍光量/總光量
6500K (標準 200)	95	91	78	1.7588	1.8696	2.3083	0.3888
4000K (標準 187)	101	94	55	1.9055	1.9474	1.5459	0.2863
4000K(暖色調 200)	102	93	55	1.9317	1.9211	1.5459	0.2863
4000K (標準 186)	100	93	54	1.8798	1.9211	1.5138	0.2848

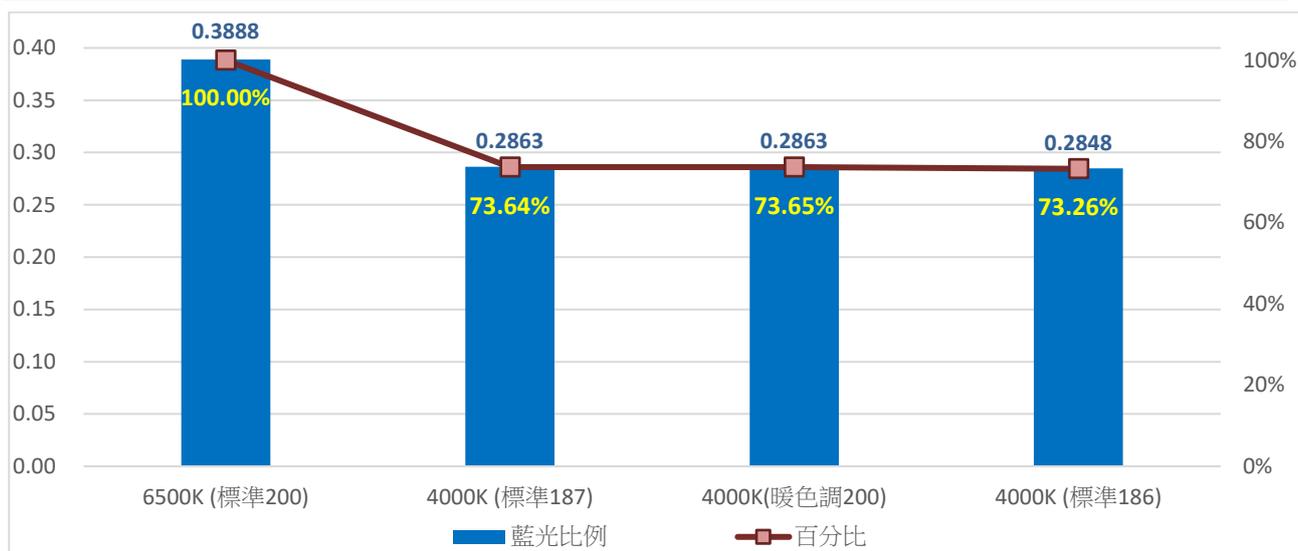


圖 5-7-1 電子白板色調設在「暖色調」時，使用光源組合「4000K」和原狀態時的藍光比例比較

以 4000K 光源搭配「暖色調 200」、「標準 187」和「標準 186」測量，得到藍光比例 0.2848~0.2863，藍光比例較光源 6500K、「標準 200」減少 26.36~26.74%；如此在電子白板螢幕無法像一般螢幕自由調整色調時，也能利用我們的方法，找到合適的光源組合，在不影響色覺情況下降低藍光，保護視力。

八、實驗八：測試利用視覺疲勞現象調黃（減藍）螢幕時能減少多少藍光比例
（螢幕在使用時慢慢調黃）

表 5-8-1 螢幕 B 值每五秒減 5 時，螢幕的藍光比例

螢幕 B 值 (每次減 5)	相片三原色值			三原色光換算亮度			藍光比例 藍光量/總光量
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
200	200	219	226	7.143	10.733	17.647	0.4968
195	202	220	224	7.340	10.928	17.106	0.4836
190	201	221	219	7.241	11.130	15.852	0.4632
185	203	220	217	7.443	10.928	15.386	0.4558
180	204	222	214	7.548	11.337	14.722	0.4381
175	205	224	207	7.657	11.774	13.318	0.4067
170	205	224	204	7.657	11.774	12.771	0.3966
165	204	222	198	7.548	11.337	11.762	0.3838
160	205	224	196	7.657	11.774	11.449	0.3707
155	203	224	186	7.443	11.774	10.023	0.3428
150	204	222	181	7.548	11.337	9.387	0.3320
145	205	225	175	7.657	12.003	8.680	0.3063
140	206	226	170	7.769	12.240	8.133	0.2890
135	206	226	163	7.769	12.240	7.423	0.2706
130	207	226	158	7.884	12.240	6.953	0.2568
125	209	226	155	8.126	12.240	6.683	0.2471
120	209	229	146	8.126	13.000	5.932	0.2192
115	208	229	142	8.003	13.000	5.623	0.2112
110	209	228	136	8.126	12.738	5.188	0.1991
105	209	228	130	8.126	12.738	4.783	0.1865
100	209	230	127	8.126	13.270	4.592	0.1767
平均							0.3301

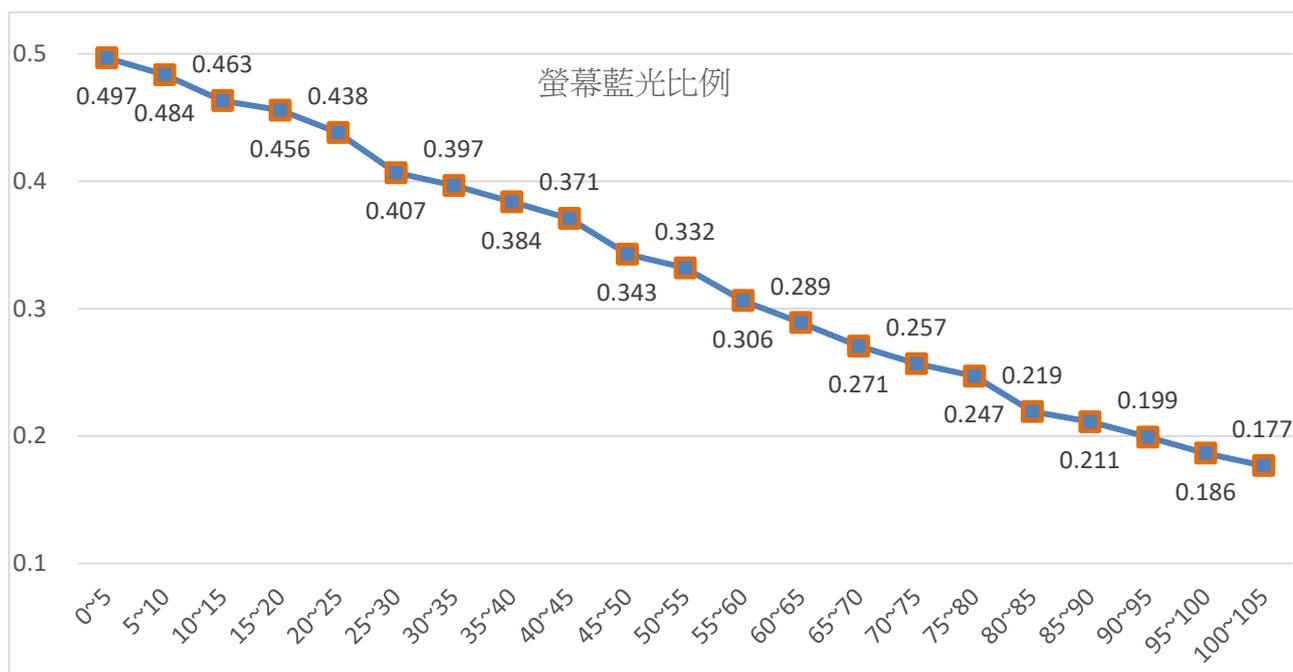


圖 5-8-1 影片 105 秒內螢幕 B 值每五秒減 5 時，螢幕的藍光比例

表 5-8-2 螢幕 B 值每五秒減 5 時，學生視野的藍光比例

每次減 1 (螢幕 B 值)	相片三原色值			三原色光換算亮度			藍光比例 藍光量/總光量
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
200	136	117	75	3.169	2.686	2.204	0.2735
195	135	116	74	3.123	2.648	2.170	0.2732
190	134	117	74	3.078	2.686	2.170	0.2735
185	135	116	74	3.123	2.648	2.170	0.2732
180	134	117	74	3.078	2.686	2.170	0.2735
175	134	117	74	3.078	2.686	2.170	0.2735
170	135	116	73	3.123	2.648	2.136	0.2701
165	135	116	73	3.123	2.648	2.136	0.2701
160	135	117	71	3.123	2.686	2.068	0.2625
155	135	117	71	3.123	2.686	2.068	0.2625
150	135	117	71	3.123	2.686	2.068	0.2625
145	135	117	69	3.123	2.686	2.002	0.2562
140	135	117	69	3.123	2.686	2.002	0.2562
135	135	117	69	3.123	2.686	2.002	0.2562
130	135	117	69	3.123	2.686	2.002	0.2562
125	135	117	67	3.123	2.686	1.935	0.2499
120	135	117	67	3.123	2.686	1.935	0.2499
115	135	117	67	3.123	2.686	1.935	0.2499
110	135	117	67	3.123	2.686	1.935	0.2499
105	135	118	66	3.123	2.725	1.902	0.2455
100	135	118	66	3.123	2.725	1.902	0.2455
						平均	0.2611

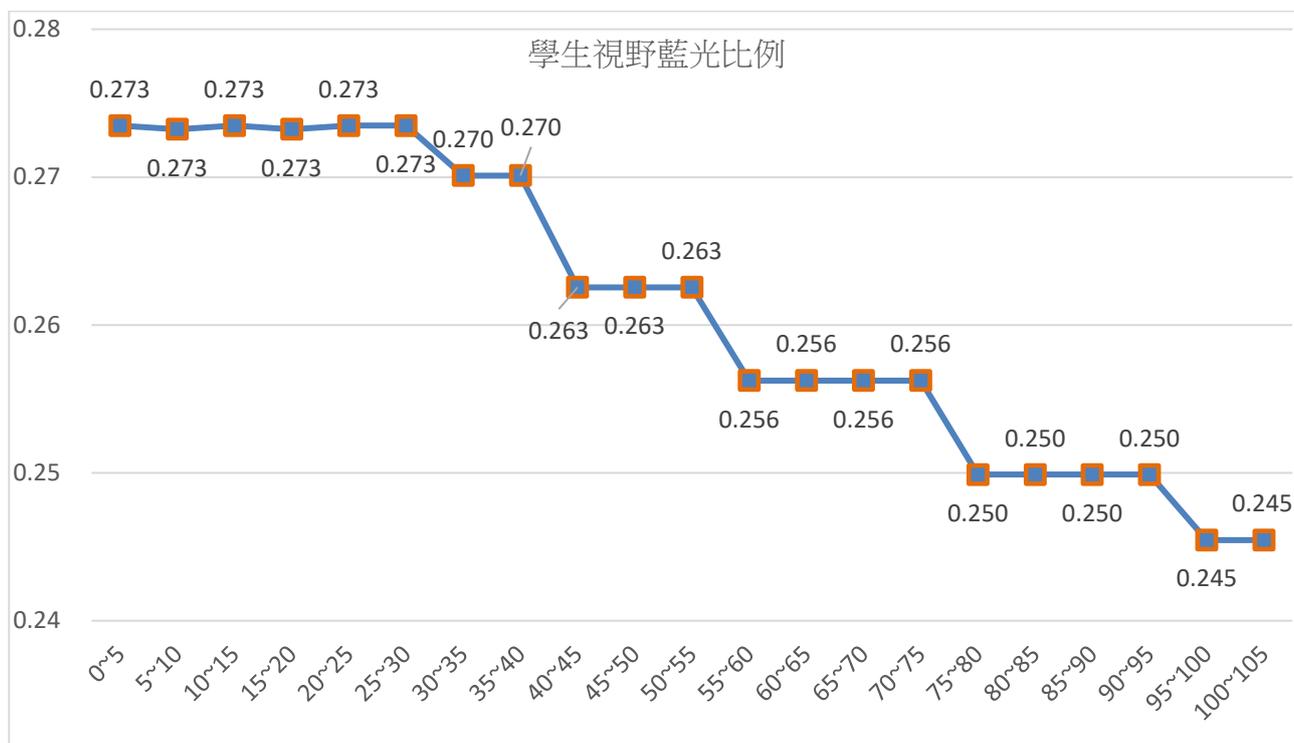


圖 5-8-2 影片 105 秒內螢幕 B 值每五秒減 5 時，學生視野的藍光比例

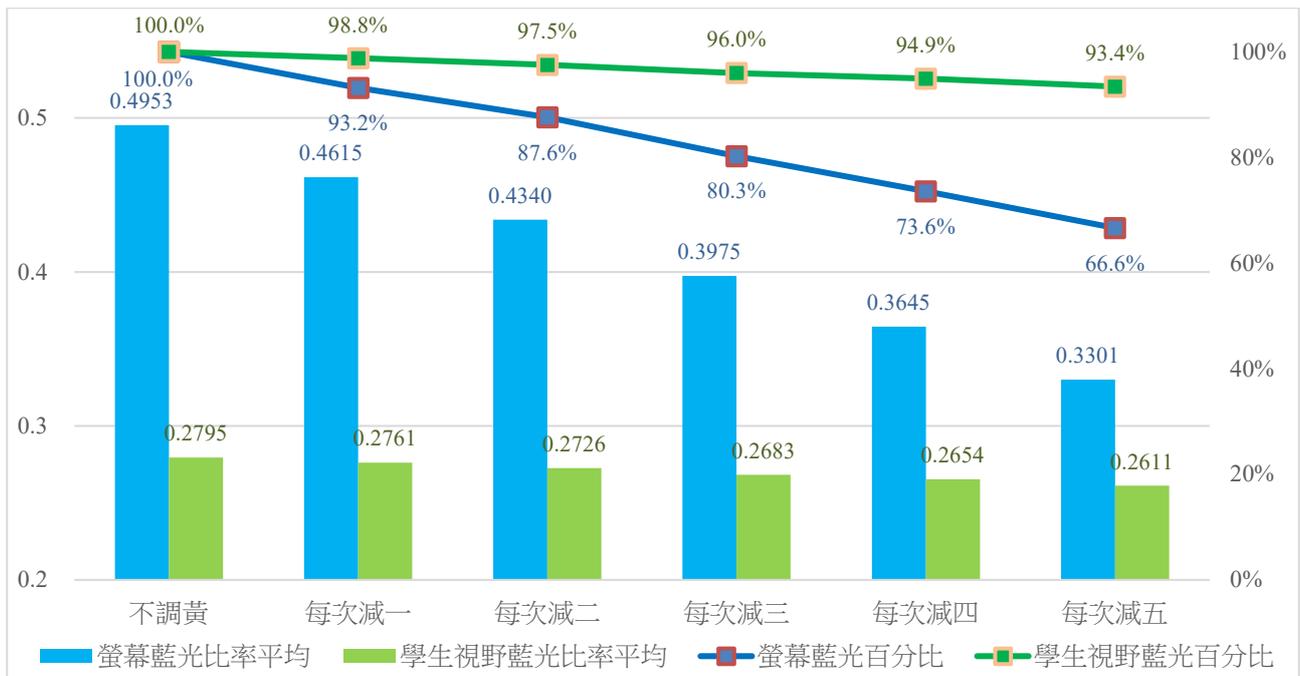


圖 5-8-3 螢幕 B 值隨時間遞減時的藍光比例平均與百分比

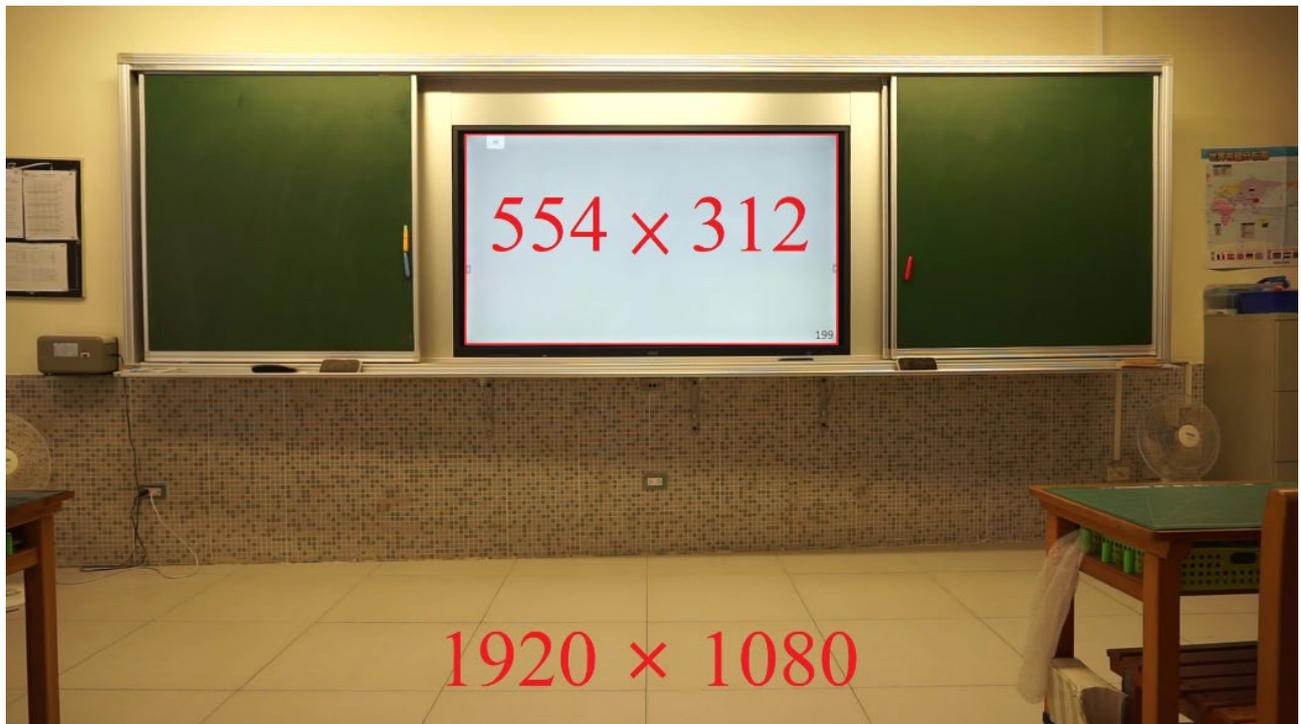


圖 5-8-4 整體畫面與電子白板的像素

螢幕隨時間調黃也能減少藍光，以每五秒 B 值減 5 為例，在 105 秒中調黃 20 次，路徑 B 值降為 100，螢幕部位藍光比例平均減少了 33.4%，在 3000K 光源下也會覺得畫面過黃，但測得學生視野的藍光比例只減少 6.6%，計算影片畫面的像素，全部像素為 $1920 \times 1080 = 2,073,600$ ，螢幕部分像素為 $554 \times 312 = 212,711$ ，只佔約 8.34%，所以只調黃螢幕降低藍光的整體效果較小，但上課時電子白板在視覺中心視力最敏銳的部位，對保護視力應該還有一定的效果。

陸、結論

一、究研目的一：尋找可測藍光的方法及設備。

生活中易取得的相機可以用來測量藍光，也能分別測量三原色光的強弱，實驗二以 RGB 值與進光量散佈圖畫出的趨勢線可以找出二者的關係公式，RGB 值經換算後得到的三原色光強度，利用「藍光亮度 / (紅光亮度+綠光亮度+藍光亮度)」計算藍光比例，就能在後續實驗中測量各種條件下的藍光比例。

二、究研目的二：瞭解不同色溫光源組合、螢幕調整方式是否能降低藍光比例。

實驗發現衛福部建議的 4000K 光源 (與 6500K 光源相較) 約能降低 21.2~24.9% 藍光比例，且光源色溫越低，藍光比率越低，3000K 光源約能降低 50.4~52.2%。如能針對低色溫光源，調黃螢幕 (以「自動白平衡」找到不被察覺的調黃呈度) 平均可再減少 4.6%。

針對不能自由調整的螢幕，在實驗六由有限的螢幕設定 (「暖色調」) 找到合適的光源組合 (實驗四是由光源組合找合適的「調黃路徑 B 值」)，測出以 4000K 光源搭配「暖色調 200」可以降低藍光 26.35%，和實驗五 4000K 光源搭配「標準 186」降低 27% 接近。

利用緩慢調黃 (視覺疲勞、溫水煮青蛙) 也能讓使用者不察覺螢幕，由實驗八得知螢幕調得越快藍光減少越多，但調黃速度越快就越容易被使用者察覺，以每五秒 B 值降 5 為例，學生視野 105 秒內藍光比例平均減少 6.6%，電子白板部分則減少了 33.4%，畢竟電子白板只佔 8.34% 的像素。

三、究研目的三：找出在低色溫光源下螢幕能調多黃而不被察覺。

以相機「自動白平衡」功能模擬色彩恆常性不一定能符合所有人的色覺感受，且不同品牌、型號相機的「自動白平衡」效果可能不盡相同，但相機自動白平衡能客觀模擬人類的色覺反應，免除人類試驗的主觀因素。

光源色溫越低時，「自動白平衡」拍得的螢幕部位像素的藍光比例越高，表示光源色溫越低時，螢幕能調得越黃而不被察覺。另外發現各光源組合色溫由高至低的順序。

四、究研目的四：瞭解觸控電子白板設定為「暖色調」時，搭配哪種光源組合不會覺得顏色偏差。

由實驗四、五可知道低色溫光源下，配合調黃螢幕可以再降低 4.6% 藍光比例，而且不會覺得螢幕偏藍。因為學校的電子白板無法自由調整，只有「冷色調」、「標準」和「暖色調」三種設定，要以調黃螢幕降低藍光，就只有「暖色調」一個選項，這樣從各色溫光源組合去找合適的螢幕設定 (「調黃路徑 B 值」) 的方法就用不上了，所以我們反向由螢幕可以設定的「暖色調」找出相近顏色的「標準」設定的「調黃路徑 B 值」，對照實驗四 (表 5-4-1) 就能找到螢幕設定為「暖色調」時，合適的光源組合 (4000K)。

五、DFC 挑戰

在 DFC 護眼行動挑戰的過程中，我們證明了衛福部健康署的建議計畫，改用 4000K 色溫光源真的可以減少藍光，這些數據可以向身邊的同學說明，也把這些實驗結果給學校參考，希望學校考量同學用眼的環境，能全面或逐步更換更護眼的照明光源。

柒、參考資料及其他

一、檢討與改進

色彩恆常性可以用相機的自動白平衡功能模擬，但我們沒有找到可以模擬視覺疲勞的方法，只知道調黃螢幕的速度越慢越不容易被察覺。

二、未來展望

護眼的防藍光產品很多，像防藍光保護貼、防藍光眼鏡和防藍光 App 都是以降低藍光進入眼睛的方式，而這些產品不夠普及的原因大多是因為會影響色覺，讓「螢幕色調變黃」或是因為降低藍光使「螢幕變得昏暗」，所以我們應朝避免或減少「畫面變黃」、「螢幕變得昏暗」的副作用努力，就是說重點不是要用什麼方法防藍光、降藍光，而是如何減少用了防藍光策略後產生的副作用（畫面變黃或變昏暗），讓更多人願意使用防藍光策略。

實驗八也觸發了一個創新想法，「色彩恆常性」產生的錯覺能用在螢幕調色時不被察覺，而「視覺疲勞」產生的錯覺能用在光源和螢幕調色，如果照明光源也慢慢調黃，應該能降低更多藍光，只是目前沒聽說有會隨使用時間自動調色的照明燈具，希望我們的構想能讓更多人願意接受，而其中有會設計製造自動調色光源的人。或是留作我們未來努力的方向。

三、參考資料

（一）博碩士論文

1. 林昭文（2021）。藍光發光二極體造成視網膜細胞傷害的保護策略-發散光譜調整與營養素補充。國立臺灣大學臨床醫學研究所博士論文。<https://hdl.handle.net/11296/s59c2w>
2. 張瑀宸（2020）。篩選具有保護人類視網膜上皮細胞免於藍光損傷之機能性成份。國立臺灣師範大學營養科學碩士學位學程碩士論文。<https://hdl.handle.net/11296/wy3wsh>
3. 陳鶴仁（2020）。 α -硫辛酸對藍光誘導人類視網膜色素上皮細胞損傷的保護作用。弘光科技大學生物科技研究所碩士論文。<https://hdl.handle.net/11296/s2aa88>
4. 劉奇昌（2020）。LED 照明環境中藍光危害對健康影響之研究-以臺北市某大樓辦公室為例。國立臺北科技大學建築系建築與都市設計碩士班碩士論文。<https://hdl.handle.net/11296/fb4yxy>

（二）網路相關資源

- 1.3C 產品藍光會導致黃斑部病變甚至失明。美的好朋友網站。<https://www.medpartner.club/blue-light-retinopathy-blindness-myth/>
- 2.CMOS 影像感測器。思渤科技網站。http://www.cybernet-ap.com.tw/zh.php?m=688&appcenter_catid=13&appcenter_storyid=154
3. Colour-temperature。黑體輻射可視化網站。<http://www.techmind.org/colour/coltemp.html>

4. Jack Wng。視覺疲勞。Vie SIMPLE 網站。 <https://viesimple.hk/article/視覺疲勞/52>
5. 什麼是影像感測器。Brickcom 網站。 https://www.brickcom.com/news/press-release_detailview.php?id=263
6. 手機內建濾藍光功能有效嗎。早安健康網站。 <https://www.edh.tw/article/25354>
7. 可見光。維基百科網站。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/可見光>
8. 色溫。維基百科網站。 <https://zh.wikipedia.org/wiki/色溫>
9. 何謂視覺疲勞。物理教學示範實驗教室網站。 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=23111>
10. 吳月鈴（2010）。藍綠不分---視覺疲勞教學省思，月鈴的講台網站。 http://bell5-platform.blogspot.tw/2010/12/blog-post_19.html
11. 專業教室 - 濾藍光鏡片教室。小林眼鏡網站。 <http://www.kobayashi.com.tw/blueray/>
12. 終結隱形殺手！正視 LED 照明頻閃問題。TechNews 科技新報網站。 <https://technews.tw/2020/07/09/led-lighting-strobe/>
13. 這倆球的顏色是一樣的。微文庫網站。 https://www.luoow.com/dc_tw/201042902
14. 郭佳容（2013）。「3C 螢幕藍光」超傷眼！自保 5 招。康健雜誌網站。 <http://m.commonhealth.com.tw/article/article.action?id=5050142>
15. 視力保健。衛福部國民健康署網站。 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/List.aspx?nodeid=45>
16. 視覺暫留。維基百科網站。 <https://zh.wikipedia.org/wiki/視覺暫留>
17. 賀禎禎。什麼是相機白平衡-帶你認識色溫與白平衡，我是賀禎禎網站。 <https://hojenjen.com/教攝影>
25-什麼是相機白平衡-帶你認識色溫與白平衡)
18. 趙以祥（2012）。數位相機的白平衡。趙以祥攝影團網站。 <https://www.facebook.com/notes/趙以翔攝影團/數位相機的白平衡/101611329907489/>
19. 影像感測器畫素結構。TFDEAD01 網站。 <https://www.itread01.com/content/1545130445.html>
20. 鄭永銘（2016）。有趣的頻閃現象，跟著鄭大師玩科學網站。 <https://www.masters.tw/138111/strobe-light>
21. 盧映慈（2019）。滑手機不只傷眼而已！Heho 健康網站。 <https://heho.com.tw/archives/58522>
22. 瞳孔。維基百科網站。 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/瞳孔>
23. 謝伯讓（2015），色彩恆常性：你看到什麼顏色的洋裝。PanSci 泛科學網站。 <http://pansci.asia/archives/76012>
24. 藍光究竟多可怕，殺死感光細胞無法再生。健康 2.0 網站。 <https://health.tvbs.com.tw/review/321611>
25. 藍光傷眼的原因。健談網站。 <https://www.havemary.com/article.php?id=4712>
26. 羅詩樺。只有抗藍光就夠了嗎？保護眼睛先從了解「光」開始。華人健康網。 <https://www.top1health.com/Article/244/51284>

【評語】 082925

研究團隊響應 Design For Change 計畫而發想本研究，主要解決的問題是教室照明的狀況，以相機拍攝的 RGB 值分析教室光源。實驗設計仔細，資料豐富，探究精神值得肯定。

建議事項：(1)各實驗變因可再力求單純化，文句不宜過長。(2)本研究的重點在於減少藍光，但又不會（或減少）對於觀眾（學生）之色彩認知的影響。但是分析相片 RGB 不等於觀眾的視覺認知。例如 p.23 「還能消除覺得螢幕偏藍的感覺」是指觀看者的視覺認知，並非由 RGB 值即可得知。因此建議色彩或光線調整後的實驗，應邀請研究對象觀看，以評判「色彩恆常性」、或「是否察覺色彩的變動」。

作品簡報

與eye同行，fun眼視界 - 抗藍護眼行動

科別：生活與應用科學科（二）環保與民生
組別：國小組



研究動機

有超過六成孩童在國小階段成為近視族，衛福部建議教室使用4000K光源來保護視力，我們參與DFC行動挑戰，藉由實際測量提出數據，希望能說服學校為教室換裝4000K光源。

研究架構與流程

尋找可測藍光的方法及設備

實驗一：測量相機拍攝彩虹各色光的三原色(RGB)值

實驗二：找出相片中相素RGB值與實際亮度的關係
(RGB值換算成亮度的公式)

了解不同色溫光源組合，螢幕調整方式是否能降低藍光比例

實驗三：測量教室更換燈管前後的藍光比例

實驗五：測量各光源組合下，螢幕設為不被察覺的調黃B值的藍光比例。

實驗七：測量螢幕設為“暖色調”搭配對應光源組合時的藍光比例。

實驗八：測試利用視覺疲勞現象調黃(減藍)螢幕時能減少多少藍光比例。(螢幕在使用時慢慢調黃)

找出在低色溫光源下螢幕能調多黃而不被察覺

實驗四：以相機的“自動白平衡”模擬“色彩恆常性”，測試低色溫光源下螢幕可調黃多少而不被察覺。

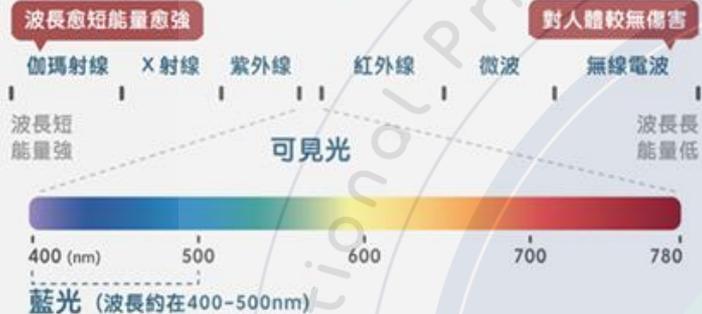
了解觸控電子白板設定為暖色調時，搭配哪種光源組合不會覺得顏色偏差

實驗六：測量觸控電子白板的暖色調與標準色調下，「調黃路徑B值」多少時接近，找出“暖色調”搭配甚麼光源的組合不會覺得顏色偏差。

實驗一：測量相機拍攝彩虹各色光的三原色 (RGB) 值

藍光、紫外光、可見光有什麼差別？

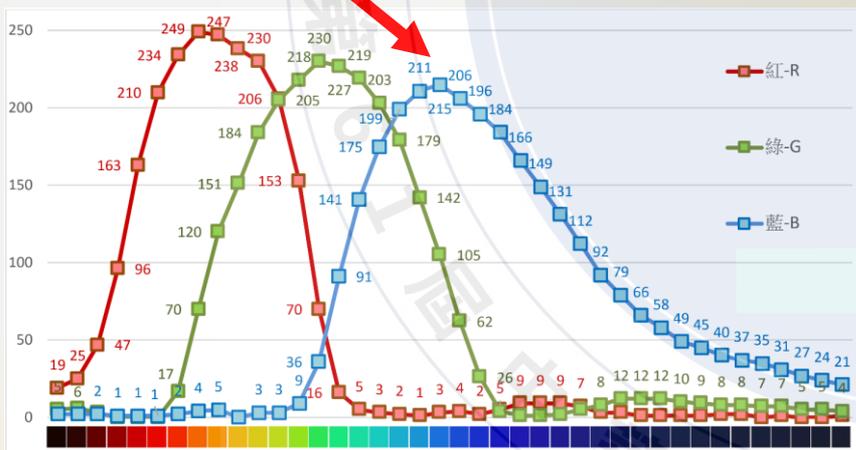
電磁波譜



分成40格



驗證



讀取RGB值



縮圖

- 發現相機能分別測量三原色強度。
- 驗證相機能測量藍光。

實驗二：找出相片中相素RGB值與實際亮度的關係 (RGB值換算成亮度的公式)

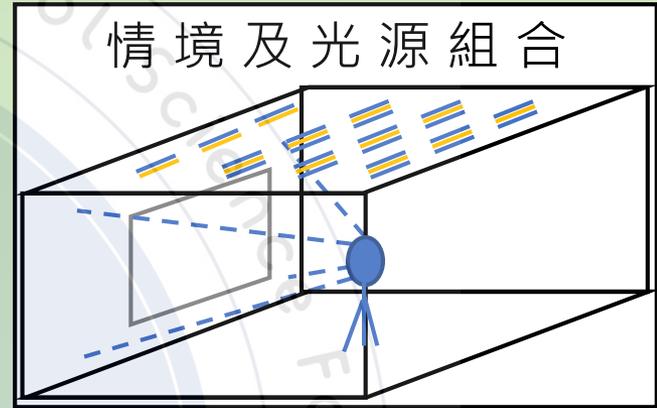


- 得到RGB值轉換三原色光亮度公式
- 可利用「藍光亮度 / (紅光亮度 + 綠光亮度 + 綠光亮度)」計算藍光比例

實驗四：以相機的“自動白平衡”模擬“色彩恆常性”，測試低色溫光源下螢幕可調黃多少而不被察覺。



	R	G	B	亮度	亮度差	R	G	B	亮度	亮度差
12						200	200	200	238.7	=>當作標準
13						200	200	199	238.4	-0.3
14	201	200	199	241.3	2.6	200	200	199	238.4	-0.3
15	201	200	198	241.0	2.3	200	200	198	238.1	-0.6
16	201	200	197	240.6	1.9	200	200	197	237.9	-0.8
17	201	200	196	240.2	1.5	200	200	196	237.6	-1.1
18	201	200	195	239.9	1.2	200	200	195	237.3	-1.4
19						201	200	195	239.9	1.2
20						201	200	194	238.9	0.2
21	201	201	193	241.2	2.5	201	200	193	237.7	-1.0
22	201	201	192	240.4	1.7	201	200	192	236.8	-1.9
23						201	201	192	240.4	1.7
24						201	201	191	240.1	1.4
25						201	201	190	239.8	1.1
26						201	201	189	239.3	0.6
27	202	201	188	241.9	3.2	201	201	188	238.6	-0.1
28	202	201	187	241.5	2.8	201	201	187	238.2	-0.5
29	202	201	186	240.1	1.4	201	201	186	237.2	-1.5
30						202	201	186	240.1	1.4
31	202	202	185	240.3	1.6	202	201	185	238.3	-0.4
32	202	202	184	239.7	1.0	202	201	184	237.3	-1.4

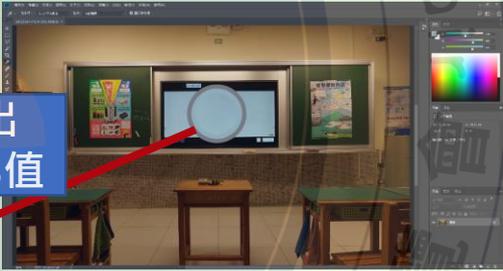


調黃路徑 B 值	光源組合 (黑板燈 6500K×2、黑板燈 3000K×0、天花板燈 6500K×2、天花板燈 3000K×1 標為「2021」)						
	6500K(2030)	「2021」	「1121」	4000K	「1112」	「0212」	3000K(0203)
200	0.4989	0.5050	0.5058	0.5104	0.5137	0.5160	0.5257
190		0.4972	0.4998	0.5017	0.5071	0.5061	0.5148
180		0.4896	0.4896	0.4948	0.4983	0.5017	0.5092
170		0.4764	0.4773	0.4854		0.4997	0.5049
160		0.4631	0.4688	0.4754		0.4844	0.5017
150		0.4586	0.4607	0.4677	0.4762	0.4808	0.4966
140		0.4516	0.4567	0.4647	0.4730	0.4751	0.4800

找出不被察覺的路徑 B 值: 192, 189, 186, 182, 168, 157

調黃路徑 B 值	相片中央三原色值			三原色亮度換算值			藍光比例
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
200	131	191	189	2.946	7.056	10.427	0.5104
190	131	189	185	2.946	6.878	9.892	0.5017
180	134	191	187	3.078	7.056	10.156	0.5005
170	133	192	188	3.123	7.147	10.290	0.5005
187	134	190	186	3.078	6.966	10.023	0.4995
186	132	191	186	2.989	7.056	10.023	0.4994
185	134	189	185	3.078	6.878	9.892	0.4984
184	135	190	186	3.123	6.966	10.023	0.4983
183	137	189	186	3.215	6.878	10.023	0.4982
182	136	185	183	3.169	6.542	9.636	0.4981
181	130	187	182	2.902	6.707	9.510	0.4974
180	138	187	184	3.262	6.707	9.763	0.4948
170	130	188	179	2.902	6.791	9.145	0.4854

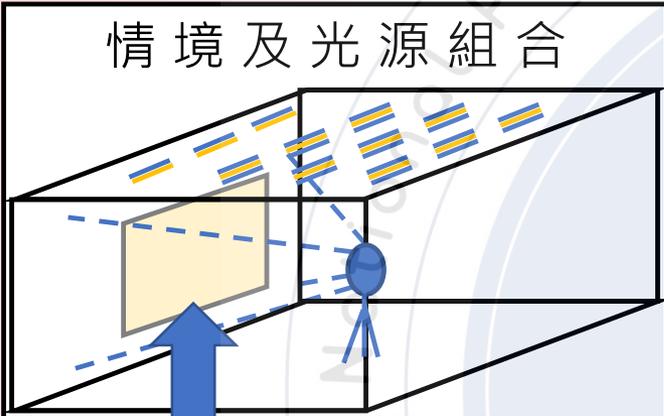
讀出 RGB 值



- 低色溫光源下色彩恆常性會使電子白板看起來偏藍；藉由相機自動白平衡模擬色彩恆常性，尋找不影響亮度的調黃方式消除畫面偏藍的狀況。
- 結果：以6500K光源B值200對應的藍光比例0.4989為“不察覺螢幕偏黃”的標準，4000K光源下可將調黃路徑B值由200降至186。

實驗五：測量各光源組合下，螢幕設為不被察覺的調黃 B 值的藍光比例。

情境及光源組合



依實驗四找出的各光源組合調黃路徑 B 值調黃螢幕

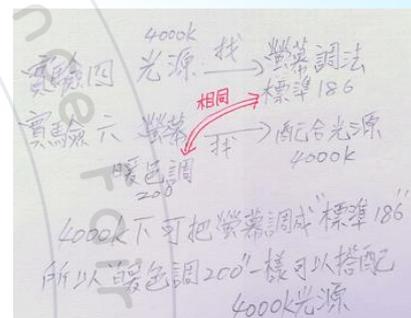
光源組合 (調黃路徑 B 值)	相片縮圖三原色值			三原色亮度換算值			藍光比例 (藍光量/總光量)
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
2030(200)	94	91	77	1.7360	1.8696	2.2733	0.3867
2021(192)	94	86	72	1.7360	1.7473	2.1020	0.3763
1121(189)	104	84	60	1.9858	1.7007	1.7070	0.3165
4000k(186)	109	86	55	2.1308	1.7473	1.5459	0.2850
1112(182)	107	82	50	2.0711	1.6552	1.3854	0.2710
0212(168)	113	75	38	2.2574	1.5029	1.0008	0.2102
0203(157)	116	74	32	2.3587	1.4818	0.8108	0.1743

光源組合	螢幕不調整		螢幕隨光源調黃		百分比差
	藍光比例	與原光源、 螢幕設定相比	藍光比例	與原光源、 螢幕設定相比	
「2030」(6500K)	0.3907	100.0%	0.3888	99.5%	-0.5%
「2021」	0.3915	100.2%	0.3763	96.3%	-3.9%
「1121」	0.3219	82.4%	0.3165	81.0%	-1.4%
4000K	0.3079	78.8%	0.2850	73.0%	-5.9%
「1112」	0.2854	73.1%	0.2710	69.4%	-3.7%
「0212」	0.2409	61.7%	0.2102	53.8%	-7.9%
「0203」(3000K)	0.1936	49.6%	0.1743	44.6%	-4.9%
平均 (不含 2030)					-4.6%

- 結果：隨光源色溫調黃螢幕平均可再減少4.6%藍光比例。

實驗六：測量觸控電子白板的暖色調與標準色調下，「調黃路徑 B 值」多少時接近，找出“暖色調” 搭配甚麼光源的組合不會覺得顏色偏差。

電子白板只有三種設定，無法像螢幕或電視能做細部的調整，所以要測量“暖色” 接近的調黃路徑 B 值及找出適合的光源組合。



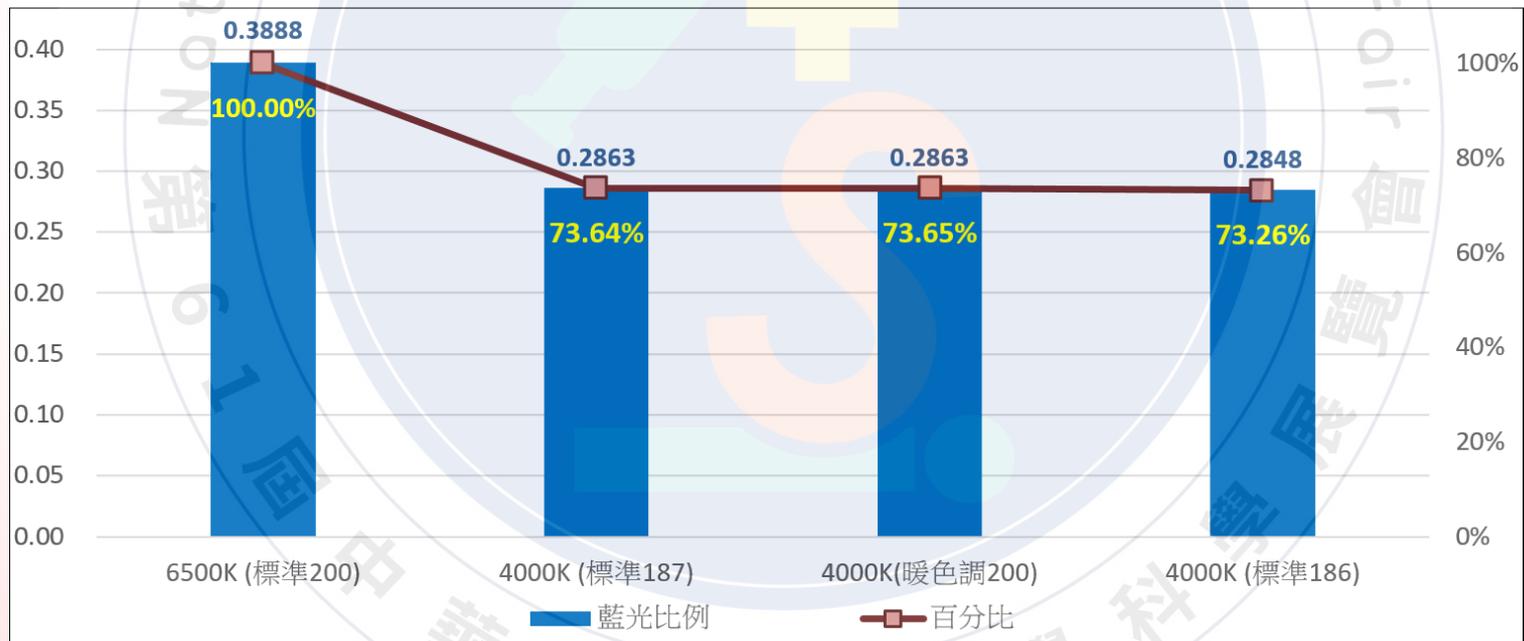
電子白板色調設定	路徑 B 值	相片 (拍螢幕) 縮圖三原色值			三原色光換算亮度			藍光比例 藍光量/總光量
		R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
暖色調	200	66	81	86	1.2082	1.6328	2.5987	0.4777
標準	187	65	78	84	1.1904	1.5670	2.5242	0.4779
	186	66	77	83	1.2082	1.5455	2.4874	0.4746

調黃路徑 B 值	光源組合 (黑板燈 6500K×2、黑板燈 3000K×0、天花板燈 6500K×2、天花板燈 3000K×1 標為「2021」)						
	6500K(2030)	「2021」	「1121」	4000K	「1112」	「0212」	3000K(0203)
找出不被察覺的路徑 B 值	192	189	186	182	168	157	

• 結果：4000K是最適合搭配電子白板「暖色」的光源。

實驗七：測量螢幕設為「暖色調」搭配對應光源組合時的藍光比例。

光源組合 螢幕設定	相片（學生視角）縮圖三原色值			三原色亮度換算值			藍光比例 藍光量/總光量
	R	G	B	紅光亮度	綠光亮度	藍光亮度	
6500K (標準 200)	95	91	78	1.7588	1.8696	2.3083	0.3888
4000K (標準 187)	101	94	55	1.9055	1.9474	1.5459	0.2863
4000K(暖色調 200)	102	93	55	1.9317	1.9211	1.5459	0.2863
4000K (標準 186)	100	93	54	1.8798	1.9211	1.5138	0.2848

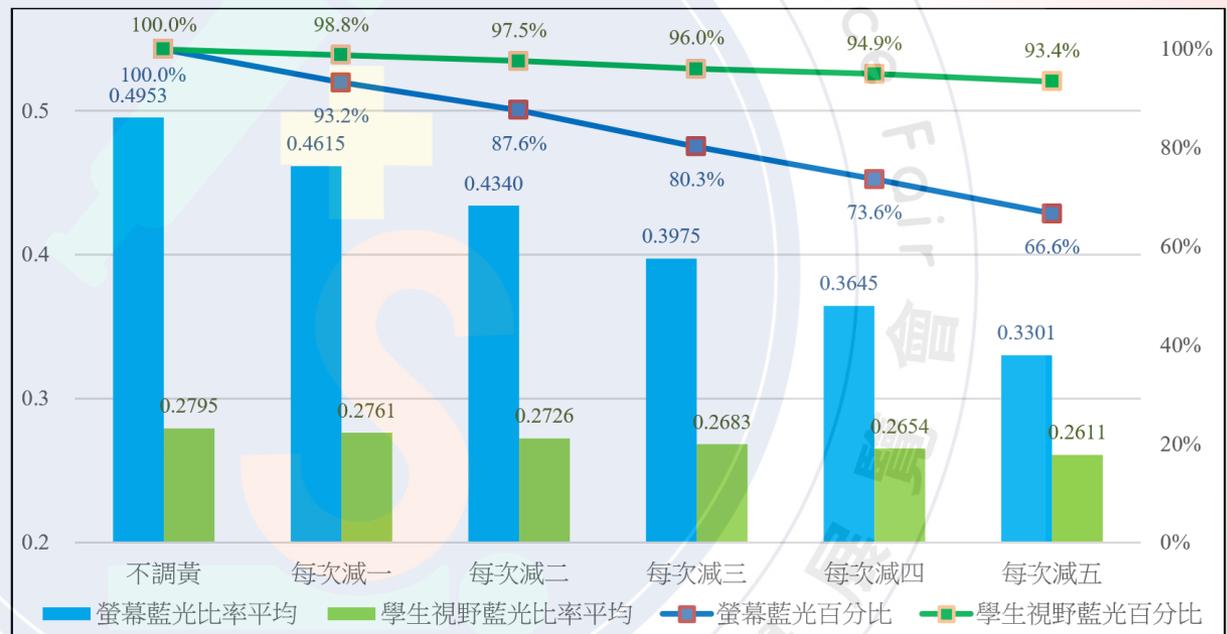


- 結果：4000K光源下，螢幕「暖色」能減少26.35%藍光比例。

實驗八：測試利用視覺疲勞現象調黃（減藍）螢幕時能減少多少藍光比例。（螢幕在使用時慢慢調黃）



慢慢調黃螢幕，利用「視覺疲勞」習慣顏色變化的現象測量減少的藍光比例。



- 結果：以每五秒B值減5為例，螢幕藍光比例降低33.4%，但學生視野的藍光比例只降低6.6%，應該是電子白板螢幕只佔影片視野8.34%的關係。

結論

- 用易取得的相機，可測量三原色光的強弱計算藍光比例（實驗一、二）；相機的自動白平衡功能可客觀模擬人類的色覺反應，免除人類試驗的主觀因素（實驗四），也能藉由搭配的B值判斷各光源組合的色溫高低。
- 實驗發現低色溫光源的藍光比例較低，衛福部建議的4000K光源能降低約21.2~24.9%藍光比例（實驗三）；再搭配調黃螢幕，可以再減少約4.6%。（實驗五）
- 不能自由調整的電子白板，可由「暖色調」找出標準色調中顏色相近的調黃B值，再反向找出最適合的光源組合為（4000K）（實驗六），能降低26.35%藍光比例（實驗七）。
- 慢慢調黃螢幕能讓使用者不易察覺，以每五秒B值降5為例，電子白板部分105秒內藍光比例減少33.4%，學生視野平均減少6.6%。
- DFC護眼行動挑戰，我們證明衛福部建議的4000K光源可以減少藍光的數據提供學校參考，希望學校能全面或逐步更換更護眼的照明光源。



檢討與未來展望

一、檢討

很想找到模擬視覺疲勞的方法但沒有找到，只知道調黃螢幕的速度越慢越不容易被察覺。

二、未來展望

護眼的防藍光產品很多，像防藍光保護貼、防藍眼鏡和防藍App，不夠普及的原因是會讓「螢幕變黃」、使「螢幕變暗」，所以重點不是要用什麼方法防藍光、降藍光，而是如何減少用了防藍光策略後產生的副作用（畫面變黃或變昏暗），讓更多人願意使用防藍光策略。

「色彩恆常性」產生的錯覺只能用在螢幕調色時不被察覺，而「視覺疲勞」產生的錯覺能用在光源和螢幕調色，如果照明光源也慢慢調黃，應該能降低更多藍光，只是目前沒有會隨使用時間自動調色的照明燈具，希望我們的方法與構想能讓更多人接受，更盼其中有會設計製造自動調色光源的人願意協助我們，或是留作未來我們努力的方向。