



# STEM實作活動：針孔相機

文／游家綺

近年來，許多國家致力推行 STEM 教育，透過科學、科技、工程及數學四個領域的課程統整，培養學生跨領域統整與應用的能力。本活動透過 STEM 教學策略，使學生了解針孔成像的原理、攝影原理，創意設計作品並製作、修正作品至最佳化，以及攝影構圖，最後將學生拍攝的底片沖洗成照片電子檔，以期末影展的方式發表成果，除了實作之外亦能增添樂趣與驚喜感。

## STEM活動設計理念

楊朝祥（2001）提及知識經濟時代中，國家的經濟優勢取決於國民創造及靈活應用知識的能力。一直以來，臺灣的教育過度著重在科學與數學等學科的知識學習，

學生缺乏應用這些學科知識的能力（林坤誼，2014），更難以發揮創造力。因此，發展可以使學生應用學科知識的整合式教學顯得十分重要。

在美國相關研究報告書中，National Governors Association（NGA）（2007）



指出 STEM 課程統整模式培育學科整合之素養與能力，對於美國提升經濟競爭力與創新力有密切的相關性。另外，Bybee (2010) 表示透過 STEM 整合教育能培養學生的適應能力 (adaptability)、複雜的溝通能力 (complex communication skills)、非常規的問題解決能力 (non-routine problem solving)、自我管理的能力 (self-management)，及系統思考 (systems thinking) 等二十一世紀重要的能力。

臺灣科技教育的主要課程目標在於培養科技知能，以增進在科技社會中生活適應、價值判斷、解決問題和創造思考的能力 (侯世光, 2007)。經濟時代的來臨，Maker 風潮襲來，科技教育的課程內容也須隨著更新，結合科技的應用於教學之中，教師也必須適時接受新資訊、不斷更新其教學方法，以培養學生科技解決問題能力。有鑑於十二年國教之課程規劃中，生活科技課程的理念為「做、用、想」——培養學生動手「做」的能力、使「用」科技產品的能力、及設計與批判科技之「想」的能力，筆者認為生活科技課程應不同以往的方式教學，不僅是動手實作，必須發展整合性教學、結合科技產品的使用，使學生具有相當的背景知識再進行設計與製作。STEM 整合教學無疑是提升學生整合能力的一帖良方，融入至科技教育的實作活動中，更能讓學生應用學科知識於實作之中，達到統整理論知識與實務的目標。

動手實作活動應將理論導向的設計、探究等策略納入動手實作過程中，才能著實地讓學生達到整合理論與實務 (林坤

誼, 2014)。6E 教學則是在 STEM 實作活動中廣為應用的教學模式，六個階段為投入 (engage)、探索 (explore)、解釋 (explain)、工程 (engineer)、豐富 (enrich)，及評鑑 (evaluate) (Barry, 2014)，內容如表 1。

其中，在探索階段時，以學生為主體，教師引導學生進行問題的探索，使學生建構課程的知識；工程階段即是理論導向的設計，使學生建模後再修正使作品最佳化；豐富階段，則是能讓學生更進一步探究實作過程中所遇到的問題。如此的教學策略能使學生的學習深化、達到學習遷移，以及整合理論與實務的目標。筆者遵循上述科技教育的目標及運用於 STEM 實作活動的 6E 教學模式，發展高中生活科技課程的教學活動——STEM 實作活動：針孔相機，其教學設計詳細說明於下節。

表 1 6E 教學模式

投入	<ul style="list-style-type: none"> <li>★使學生產生興趣，親自參與課程</li> <li>★了解學生的先備知識</li> </ul>
探索	<ul style="list-style-type: none"> <li>★使學生建構對課程主題的理解</li> </ul>
解釋	<ul style="list-style-type: none"> <li>★使學生解釋目前所學的內容，並重新思考內容，使學到的知識更完整</li> </ul>
工程建模	<ul style="list-style-type: none"> <li>★應用概念和實作使學生對於課程主題有更深入的了解</li> <li>★學生應用生活中的學習概念至科技世界</li> </ul>
豐富	<ul style="list-style-type: none"> <li>★使學生對所學有更深入的探討，以解決更複雜的問題</li> </ul>
評鑑	<ul style="list-style-type: none"> <li>★老師評量學生學習成效，及學生瞭解自我理解程度</li> </ul>

## 教學活動設計

本 STEM 實作活動設計，望能提供生活科技教師實施整合性教學之參考，並作為未來科技領域中生活科技課程發展之參考。活動遵循十二年國教生活科技課程的理念「做、用、想」，目的在於培養學生動手「做」的能力、使「用」科技產品的能力、及設計與批判科技之「想」的能力，藉由 STEM 實作活動，透過 6E 教學策略，培養學生整合理論與實務的能力、具備相當的科技素養能力，並曾在 104 學年度第二學期針對高中一年級生活科技課實施。

### 一、教學目標

透過實作活動讓學生瞭解理化的針孔成像原理，運用於作品上；從數學的角度，讓學生能統整原理、計算針孔成像之焦距，並計算相機所需尺寸繪製設計圖；從科技與工程的角度，讓學生能了解攝影的基本原理、繪製出設計圖與工件圖並利用實作技能完成可拍攝的相機；以及藝術的攝影拍攝技巧與構圖美學，讓學生能用自製針孔相機配合手機測光應用程式，拍攝出具有美感的照片。

### 二、教學對象

本教學活動於 104 學年度第二學期實施時，對象為台北市某國立高中一年級學生，兩班共 90 人。此教學活動的教學重點是針孔成像原理，及著重於加工的精密度，方能使攝影照片成功。因此，教學對象不應低於國中八年級，應置於自然科教學針孔成像原理與實驗之後，並且學生必須具備基本的實作技能。本活動因進行 6E

教學策略，引導學生探索、解釋探索結果，以及製作模型後改良作品，並深入探討作品問題，故以高中一年級學生為對象較國中階段學生為合適，教師們可依教學難度調整至不同年級教學。

### 三、教學時數

本活動之教學週數 7 週，每週 2 節，每節 50 分鐘，共計 700 分鐘。

### 四、材料與工具

針孔相機的主要材料由教師準備，使用的工具與包裝材料由學生準備，教師準備少量材料作為備用。材料以一班 45 人為單位，清單如表 2。

### 五、教學與製作流程

在本活動中，教師教學以攝影原理及製作流程為主，複習針孔成像原理，以及教學攝影構圖。應用 6E 教學之教學流程如表 3，強調探索、工程及豐富階段，於探索階段中，引導學生思考原理與製作針孔相機過程的因果關係，並探索其中的機構設計（捲片機構與鏡頭蓋機構），再進行設計與製作；於工程階段，製作鏡頭蓋機構後，測試機構並修正至最佳化，運作成功才將相機密閉製作進行拍攝；進行豐富階段時，教師以沖洗的照片與學生一同討論照片成像的色彩、清晰度等，深入探討其原因，回頭檢視相機的製作問題。學生在本活動中會運用到 STEM 領域知識，對應 STEM 各領域學生應具備的學習表現整理如表 4（頁 72）。參考網路資料製作範例，並修正步驟，製作步驟如表 5（頁 73）。



表 2 材料與工具清單

教師準備		學生準備	
材料項目	數量	材料項目	數量
底片	45 個	厚紙板(紙箱)	28cm*18cm 一張
不透光膠帶(備用)	5 捲	不透光膠帶	1 捲
竹筷	8 雙(一支切三段)	鋁片	3cm*3cm 一片
鋁片(備用)	2 瓶鋁罐(瓶身展開)	包裝材料	自行設計、準備
環裝膠圈	3 支(每人一小節扣環)	橡皮擦	一個(墊於鋁片下戳針孔用)
吸管(備用)	5 支(與膠圈功能相同)		
工具項目	數量	工具項目	數量
針	5 支	剪刀	1 支
		美工刀	1 支

表 3 教學流程

週次	教學內容	應用 6E 教學	6E 實施程序	備註
一	1. 展示針孔相機範例與拍攝照片呈現 2. 介紹針孔成像原理 3. 講解攝影原理	投入	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用不同材料製作的針孔相機成品圖片及沖洗出的照片為範例引起動機</li> </ul>	完成學習單(如附錄, 頁 79)
二	1. 講解針孔相機製作流程, 以問答方式引導學生思考製作的機構與原理之間的關係 2. 繪製並完成設計圖	探索	<ul style="list-style-type: none"> <li>複習針孔成像的原理後引導學生思考針孔成像的焦距距離, 使學生統整所學的原理進行設計</li> <li>引導學生針對遮住針孔位置、方便開關的設計, 探索鏡頭蓋的設計</li> <li>引導學生探索相機捲片的設計, 針對捲片方法做探索, 並畫出設計圖</li> </ul>	完成設計圖(如附錄), 思考製作材料, 於下週上課準備
三	1. 繪製並完成工件圖 2. 製作作品	解釋、 工程建模	<ul style="list-style-type: none"> <li>要求學生解釋所設計之相機的操作方法</li> <li>指導學生製作作品, 測試鏡頭蓋機構是否成功, 加以改良至最佳化, 運作成功再進行實際拍攝。</li> </ul>	完成設計圖與工件圖(如附錄)。自備材料。



表 3 教學流程

週次	教學內容	應用 6E 教學	6E 實施程序	備註
四	製作作品完成	工程建模	<ul style="list-style-type: none"> <li>指導學生製作作品並加以改良，將作品最佳化</li> </ul>	可回家製作，以及拍攝
五	<ol style="list-style-type: none"> <li>攝影構圖教學</li> <li>進行戶外攝影</li> </ol>	豐富	<ul style="list-style-type: none"> <li>指導學生加廣認識攝影構圖，豐富理解的內容</li> </ul>	提醒回家在暗室內捲回底片，下週繳交
六	<ol style="list-style-type: none"> <li>繳交底片膠捲</li> <li>修正美化作品</li> <li>作品評分</li> </ol>	豐富	<ul style="list-style-type: none"> <li>進行深入探討，依據沖洗出照片電子檔，與學生一同探究拍攝成果與相機製作上之問題。</li> </ul>	沖洗照片完成後教師寄照片電子檔給各班小老師，每位學生挑選2張照片於下週發表拍攝理念
七	<ol style="list-style-type: none"> <li>作品評分</li> <li>學生準備發表</li> <li>第二節進行期末影展</li> </ol>	評鑑	<ul style="list-style-type: none"> <li>針對作品評分、照片評分。</li> <li>舉辦期末影展，一同欣賞每名同學的相機與攝影照片。</li> </ul>	一節課進行評分同時讓學生準備口頭發表

表 4 學生在 STEM 領域上的學習表現

STEM 領域	對應 STEM 領域之學生學習表現
科學 Science	<ul style="list-style-type: none"> <li>瞭解針孔成像原理</li> </ul>
科技 Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>瞭解基本攝影原理</li> <li>繪製設計圖與工件圖</li> <li>選擇所需材料製作針孔相機</li> <li>實踐設計圖完成作品</li> <li>拍攝時配合手機 app 進行測光</li> </ul>
工程 Engineering	<ul style="list-style-type: none"> <li>探討作品的問題所在</li> <li>發現作品問題並改良</li> <li>修正作品至最佳化</li> </ul>
數學 Mathematics	<ul style="list-style-type: none"> <li>測量底片膠捲尺寸</li> <li>計算並繪製相機機身的各部分尺寸</li> </ul>



表 5 針孔相機製作步驟

1 製作鏡頭

step 1



製作機身前面，找到正中央並挖洞。

圖 1. 機身前方挖洞示意圖

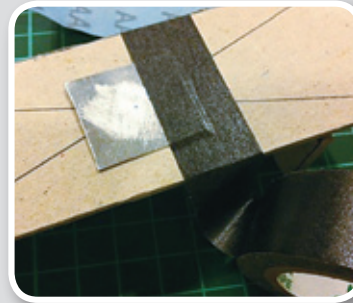
step 2



剪一塊大於洞的鋁片，用針戳孔，注意一小洞即可。可用橡皮擦墊在下面戳洞，在另一面有突起但未完全穿透時用砂紙磨一下，有一小洞能透光即完成。

圖 2. 鋁片戳針孔示意圖

step 3

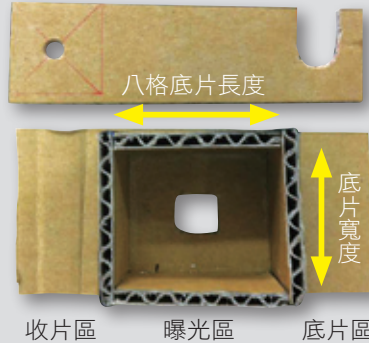


將針孔對準機身正中間，四邊黏上不透光膠帶，貼緊貼平。

圖 3. 鋁片黏上機身示意圖

2 製作機身

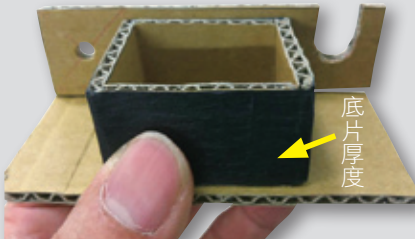
step 1



機身大小分為三部分，由左至右分別為收片區、曝光區及底片區。圍出中間曝光區位置，長度為底片八格、寬度為底片寬度，高度為底片厚度。

圖 4. 機身內部區塊示意圖

step 2



上蓋設計的部分，左邊收片區挖一孔放置竹筷，右邊挖U型孔放置底片。將上蓋與機身中間以不透光膠帶黏合。曝光區厚度為底片厚度，是針孔與成像屏幕的距離。

圖 5. 曝光區厚度示意圖

step 3



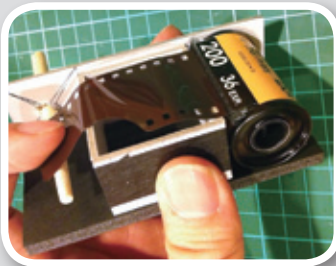
製作外框圍住機身並以不透光膠帶黏合，外框高度略高於曝光區高度，以便底片轉動。

圖 6. 機身內部示意圖



### 3 捲片機構設計

#### step 1



放置底片拉出第一段底片黏在捲片之竹筷上。

圖 7. 固定底片示意圖

#### step 2



底片整個寬度都要黏在竹筷上並黏緊，以利收片順利。竹筷另一端也要穿入機身（但不漏光），或者在竹筷旁底部加厚，使捲片時竹筷不會歪斜。

圖 8. 底片固定至收片區示意圖

#### step 3



若使用厚紙板做機身，厚紙板可能因被竹筷撐開而有縫隙，收片時竹筷會回捲卡不住。因此在收片的竹筷上可黏上膠帶，使竹筷與機身有摩擦力不易回捲，更確保不漏光。

圖 9. 固定收片竹筷示意圖

#### step 4



拍攝時使用手動捲片，須加上扣環設計。可用一段粗吸管展開剪尖端放置底片洞裡，或者使用膠圈。手動捲片並聽扣環扣住底片的聲音辨識（一張照片為八格底片長度）。

圖 10. 固定扣環於底片之示意

### 4 防漏光機身設計

雙層式設計可防止不漏光，另外可使用不同盒裝設計並搭配不透光膠帶黏合邊緣。

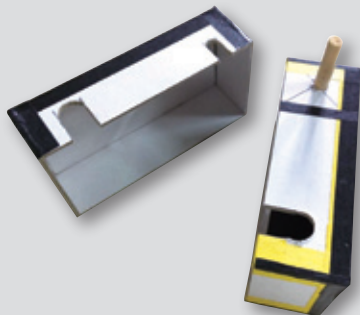


圖 11. 雙層防漏光機身（打開）

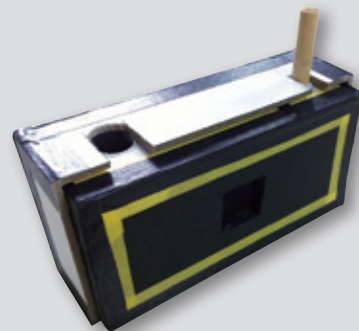


圖 12. 雙層防漏光機身（闔上）



## 5 鏡頭蓋設計

說明幾種設計的操作方法，如吸鐵式、掀蓋式、彈簧式、掀蓋式、抽拉式及魔鬼氈等，讓學生發想製作。

### 1. 吸鐵式



圖 13. 吸鐵鏡頭蓋

### 2. 旋蓋式



圖 14. 旋轉鏡頭蓋

### 3. 彈簧式

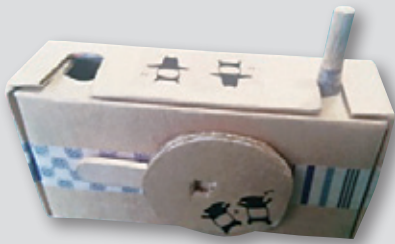


圖 15. 彈簧鏡頭蓋（上），彈簧鏡頭蓋特寫（下）

### 4. 掀蓋式



圖 16. 掀蓋式鏡頭一



圖 17. 掀蓋式鏡頭二（左），掀蓋鏡頭特寫（右）

參考資料：余致賢（2012）。Make 相機。取自 <https://is.gd/8h9WS9>；李文宏（2014）。針孔成像相機。隔壁生科教室。取自 <https://is.gd/fY6ntV>

## 活動照片

本教學活動於 104 學年度第二學期實施時，實作活動從設計、製作到完成作品，以及使用作品拍攝的成果，以照片作為紀錄如下：





### 一、實作過程

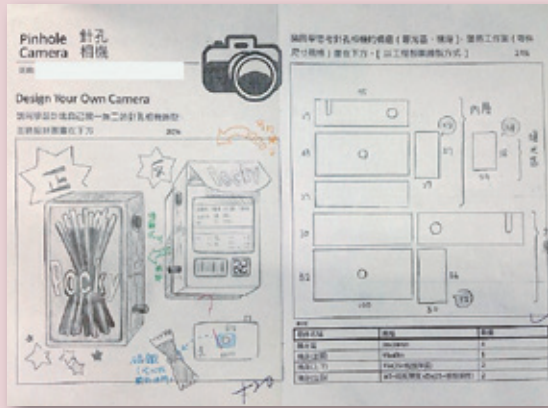


圖 18. 學生設計圖與工件圖紀錄

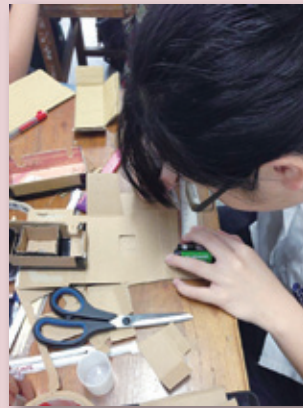


圖 19. 學生製作相機機身



圖 20. 學生製作相機內部構造

### 二、作品成果

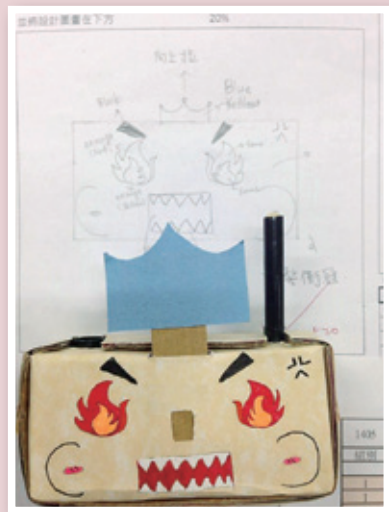


圖 21. 學生作品一與設計圖

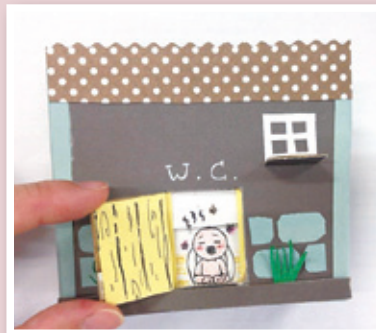


圖 22. 學生作品二



圖 23. 學生作品三



### 三、學生拍攝成果

#### 1. 室內靜物拍攝



圖 24. 底片沖洗成果照一



圖 25. 底片沖洗成果照二



圖 26. 底片沖洗成果照三

#### 2. 使用重複曝光拍攝



圖 27. 底片沖洗成果照四

#### 3. 室外夜晚拍攝(控制曝光時間形成光軌)



圖 28. 底片沖洗成果照五

### 教學成果與建議

在教學及實作過程中，學生作品完成度高且大部分同學製作精美。但進行攝影的成果大多失敗，教師探討原因發現：(1) 許多學生對於底片的使用方式不熟，所以未在暗室進行收片而使底片曝光；(2) 針孔相機須在確保不漏光下封閉後進行拍攝，若中途扣環機構鬆脫或錯位，因學生怕曝

光故未能打開相機調整，憑靠直覺轉動底片拍攝之後的照片，因此造成照片間隔不對或沒有捲片成功；(3) 鏡頭蓋的設計因多使用手動觸發開關，但在開關時容易震動到機身，或是手不小心入鏡。因此，筆者針對原因提出建議：(1) 教學針孔相機製作過程時，必須教導底片的使用方式，並強調不能曝光；(2) 使用紙片當作底片測試捲片機構是否可行，捲片機構若成功拍攝多張即可置換底片於相機中；(3) 鏡頭蓋設計部分，確認開與關是否能順利不晃動機身，再修正設計，成功後才進行拍攝。筆者認為短期的實作活動難以看出學生是否能統整理論與實務，過去研究也顯示需長期的 STEM 教學才能使學生的學習真正深化，並達到整合的目標。

在期末呈現成果時，若教師欲以期末成果發表之形式呈現此活動成果，此活動不宜作為學期最後一個活動，至少在學期結束前三週須完成此活動，預留兩週時間準備期末影展，方能使成果發表有完整的準備與呈現。此外，建議可讓學生自行到相片行沖洗底片，相片行有黑箱可以進行收片，確保不會曝光，也省去分寄給每位同學電子檔的時間。

此外，筆者建議可於活動前安排其他相關知識的教學，使學生具有完整前導組織，也使整個教學活動能有相關內容的延續。欲發展整合式教學，需了解學生目前所學之知識外，亦可尋求不同科目教師之專業知識，互相激盪之下更能發展出適合學生的整合教學活動。

## 參考文獻

1. Bybee, R. W. (2010b). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996-996.
2. National Governors Association. (2007). *Innovation America: Building a science, technology, engineering and math agenda*. Washington, DC: National Governors Association Center for Best Practices.
3. Barry, N. (2014, March). The ITEEA 6E learning by DeSIGN™ Model. *The Technology and Engineering Teacher*, pp.14-19. Retrieved from <http://www.oneida-boces.org/cms/lib05/NY01914080/Centricity/Domain/36/6E%20Learning%20by%20Design%20Model.pdf>.
4. 余致賢 (2012)。Make 相機。取自 [https://www.facebook.com/tosaint/media\\_set?set=a.3050968560822.2129985.1461505952&type=3](https://www.facebook.com/tosaint/media_set?set=a.3050968560822.2129985.1461505952&type=3)
5. 李文宏 (2014)。針孔成像相機。取自 <https://sites.google.com/site/whlee1990/class2/pinholecamera>
6. 林坤誼 (2014)。STEM 科技整合教育培養整合理論與實務的科技人才。科技與人力教育季刊，1(1)，1。
7. 侯世光 (2007)。工藝／科技教育改革。載於中華民國課程與教學學會 (主編)，邁向未來的課程與教學，29-43。
8. 楊朝祥 (2001)。知識經濟時代教育新主張。現代教育論壇〈知識經濟與教育〉，7-21。

游家綺

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系  
碩士班研究生





附錄

針孔相機學習單（正面）

**Pinhole Camera 針孔相機**

班級： \_\_\_\_\_ 姓名： \_\_\_\_\_

【完成每格 2 分，共 56 分，總計需 20 分，工作需 24 分】

**一、針孔相機原理**

1. 針孔相機為沒有鏡頭的相機，取而代之的是一個小針孔，利用 針孔成像 原理，與光的 直進 性，當物體反射出的光線透過針孔時，會在成像面得到 上下顛倒，左右相反 的影像。

2. 針孔愈小，成像愈 清晰。

**二、快門 T**

1. 快門為控制 時間長短 的裝置，快門值 1/30 代表曝光時間為 1/30 秒，快門值愈大，代表曝光時間 愈。

2. 安全快門 意思為拍攝時保證相片不受手震影響的最低快門速度。

**三、光圈 F**

1. 光圈為調節 光線數量 的裝置，光圈值 F 愈小，代表光圈 愈大，光圈愈大，單位時間的進光量就 愈多。

2. 針孔的 F 值 大約落在 f/114、f/128、f/144。

3. 光圈大小會影響畫面測距的範圍(景深)，大光圈是 拍出淺景深，小光圈拍出畫面的景深 較深。

**四、感光度 ISO**

感光度 ISO 代表底片對光的敏感程度，ISO 值愈低，表示對光的敏感程度 愈低，ISO 值高，感光能力愈好，但畫面會產生 雜訊。

**五、EV 值**

1. EV 值為基於 光圈 與 快門 反映進光量多少的值，計算公式如下，例如：(f/1, 1 秒)與(f/2, 4 秒)算出的 EV 值皆為零 0，代表兩者進光量相等。EV 值愈高，代表進光量 愈小。

$$EV = \log_2 \left[ \frac{(f/\text{值})^2}{\text{快門速度}} \right]$$

2. EV 值可以 曝光補償，透過相機對進光量的需求來調整光圈與快門。

3. 理想進光下，光圈調大，則快門時間須 減短；光圈調小，則快門時間須 增加。

4. 相機中 A 模式(Av)意思是 光圈先決；S 模式(Tv)意思是 快門先決；P 模式意思是 自動；M 模式意思是 手動。

**六、針孔相機拍攝步驟**

1. 取景 2. 測光 3. 擺好相機 4. 開快門 5. 倒數計時

6. 關快門 7. 推底片

\*製作針孔相機所需材料:厚紙板(鞋盒、紙箱)、玻璃(玻片)、竹筷、吸管、不透光膠帶、雙面膠、剪刀、美工刀、尺、圓規、針、裝飾材料等。

針孔相機設計圖與工件圖（反面）

**Pinhole Camera 針孔相機**

班級： \_\_\_\_\_ 姓名： \_\_\_\_\_

**Design Your Own Camera**

請同學設計出自己獨一無二的針孔相機造型，並將設計圖畫在下方 20%

請同學思考針孔相機的構造(曝光區、機身)，並將工作圖(零件尺寸規格)畫在下方。[以工程制圖繪製方式] 24%

零件名稱	規格	數量
曝光區	30x24mm	4
機身(正面)	65x42mm	1
機身(上下)	65x(25-40mm厚紙)	2
機身(左右)	(40-45mm厚紙)~2x(25-40mm厚紙)	2