

教材名稱
玩玩具學物理

組別
乙組(國中組)

配合單元
八年級
光、力與運動

作者
台南市善化國中
王德麟

壹、教學主題

- 一、藉由偏振片與旋光性質的操弄與組合，讓學生可以探索光的基本特性。
- 二、經過自行創製模型的操作與觀察，讓學生得以看見另類的分光效果。
- 三、利用數學幾何方法來驗證過程中看到的現象，將理論與實務結合。
- 四、可親手操作的教具留在身邊，隨時可以證明理論及檢驗想法。
- 五、讓學生察知科學與生活的結合，建構屬於自己的科學知識與應用發展。

貳、教學對象

八年級學生（國中二年級延伸課程）

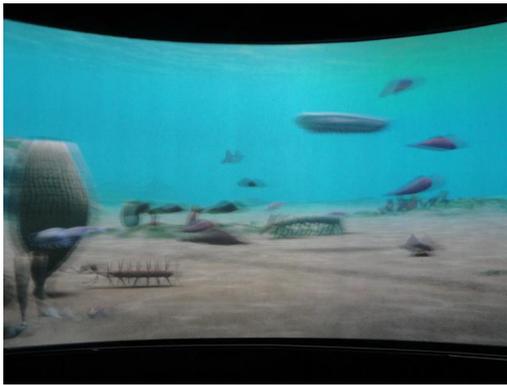
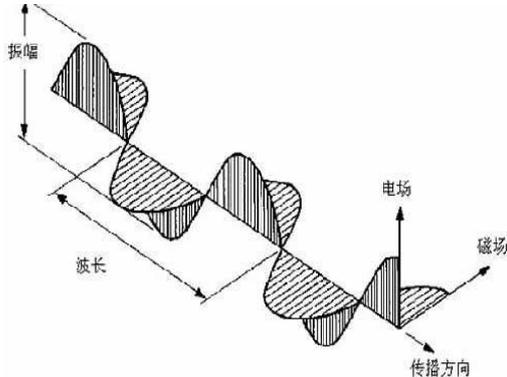
參、設計理念

- 一、利用親手製作的光學組合模型將「科學教具探究與研發」融入動手操作的課程，透過手眼的操弄來形成認知衝突，讓課堂中的學生眼見為憑，採取「做中學」的方式來引導學習。
- 二、製作簡易的玩具來體現課室中所發現的原理原則，證明知識並非只有單純的文字表象，延伸出現代科技與先人智慧的結合，並將知識具體化。
- 三、營造趣味學習的環境，利用高互動的挑戰性問題，以簡易的數學方式來辯證與推論，讓學習者能歸納分析出角度相關智識，符合科學探究過程。
- 四、透過詰問、論證等輔助方式，讓學生對偏振的了解能加深加廣，並透過科學教具延伸光學的應用範圍，達到教學相長的目標。

肆、教學目標

- 一、能解釋自然界的光大多來自於太陽的核融合反應。
- 二、能說明光是一種電磁波（橫波），同時也是一種能量。
- 三、能說明偏振光與非偏振光的不同。
- 四、能解釋偏振片的作用原理與說明偏振在生活中的各項應用。
- 五、能利用旋光性物質的特性將白色光分化、過濾成各種色光。
- 六、能分辨並判斷影響偏振光顏色的變因（厚度或角度等）。
- 七、能使用簡單的數學幾何計算估計出偏振片的偏振軸角度。
- 八、能說明偏振片的內部結構。
- 九、能學習到如何將偏振片解構的方法，重現科學教師的探究過程。
- 十、讓學生知道科學的演變是不斷重新建構且重複驗證的過程。

伍、教學活動與流程（授課內容、流程與詳細的教學說明請參考「教具使用」）

第一節			
教學流程	時間	使用教具	相關照片
<p>※事先準備</p> <p>1、偏振眼鏡 2、液晶螢幕 3、透明光碟盒 4、偏振穿透魔術筒 圓筒造型第一代 5、偏振穿透魔術筒 圓筒造型第二代 6、印製學習單</p>			<p>授課內容課程、流程與教學說明</p> <p>詳見： 捌之一「偏振片的作用原理」 捌之二「偏振中的雙折射與光彈性」</p>
<p>※教學前引導</p> <p>A、從人類與其他動物雙眼的位置分佈來分析立體視覺的形成。</p> <p>B、再從學生看3D立體電影的經驗來切入，暢談電影科技與立體視覺。</p> <p>C、如何從平面變成立體？透過特殊的偏振眼鏡小活動來引發興趣。</p>	3	偏振眼鏡	<p>完成教學目標一 完成教學目標二</p>  <p>準備一整個班級需要使用到的素材 以每人兩支為佳</p>
<p>※教學活動</p> <p>1、引導學生發表在偏振眼鏡上的使用經驗，將授課內容的觸角延伸到生活中。</p> <p>傾聽他人的發表及評論。</p> <p>鼓勵學生提出自己的看法。</p>	2		 <p>裸眼看立體電影是模糊的 解釋一下為什麼會這樣？</p>
<p>2、利用從科博館取得的偏振眼鏡介紹立體眼鏡與立體電影成像原理。</p> <p>經由人手兩支眼鏡的操弄，使所有學生均能觀察到光線穿透偏振片時的變化，引</p>	15	<p>偏振眼鏡、學習單一</p> <p>針對偏振的原理及現象進行介紹，引導學生觀察數位媒材上的資訊</p>	<p>完成教學目標三</p> 

起好奇心。

接下來簡介一些
延伸知識作為學
生延伸學習與操
作時的橋樑。

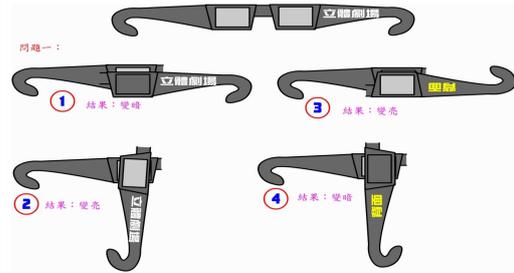
解釋光是電磁波
的一種，並展示
電場、磁場與光
前進方向垂直的
橫波圖形，分析
光的橫波性質。

解釋偏振片的作
用原理及內部分
子結構。

觀察各種自然與
人造的光源，並
觀察物體表面的
反射光，辨別與
裸視時的不同。

學生將觀察到的
現象紀錄在學習
單上。

光是一種橫波的概念解釋圖 國二生應該不難理解



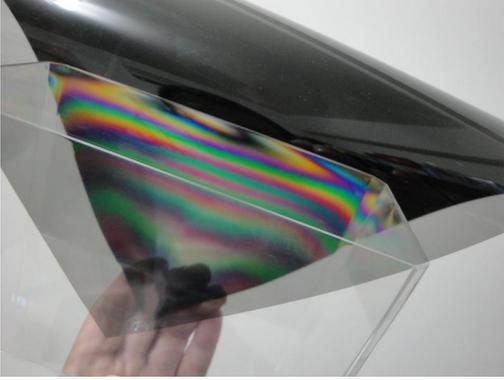
問題一：

兩偏振片同軸膠帶結果：
膠帶平行一片→藍色
膠帶平行一片+垂直一片→重疊成透明
膠帶平行一片+垂直一片+平行一片→重疊成藍色
膠帶平行一片+垂直一片+垂直一片→重疊成透明
膠帶平行一片+垂直一片+平行一片+垂直一片→重疊成藍色
...
也就是說每次都垂直方向貼膠帶，遇偶數就透明，奇數就藍色

偏振片重疊時，軸向相同可以透光
變暗時，再轉 90 度便會變亮



鏡內的長鏈分子也會吸收部分能量

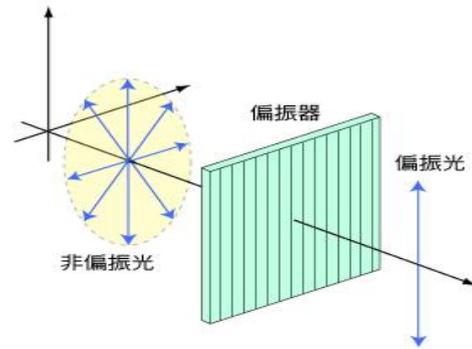
<p>3、讓學生實作偏振在生活中的其他應用，看看還有什麼地方也使用了偏振片，拉近它與學生之間的距離。</p> <p>介紹有哪些昆蟲的眼睛也有偏振的效果，藉以辨識方位。</p> <p>透過光彈性的操作活動，觀察透明物質內應力分布的情形。</p> <p>延伸思考： 偏振片的旋轉角度會不會造成觀察上的影響呢？</p> <p>學生將預測及觀察到的現象紀錄在學習單上。</p>	<p>10</p>	<p>偏振眼鏡、液晶螢幕、透明光碟盒、透明膠帶、學習單二</p>	<p style="text-align: center;">完成教學目標四</p>  <p style="text-align: center;">透過偏振片原本可以觀察螢幕影像</p>  <p style="text-align: center;">旋轉 90 度以後就變成漆黑一片</p>  <p style="text-align: center;">光彈性 (photoelastic effect) 的現象</p>
<p>4、由教師示範偏振片魔術盒，讓學生思考、討論並設計組合圖。</p> <p>關於各偏振片的組合軸向，不宜直接給答案，給學生足夠的待答時間。使其從做中思考並發現問題，才能學得深入。</p>	<p>5</p>	<p>偏振片魔術盒、偏振片</p>	<p style="text-align: center;">授課內容課程、流程與教學說明</p> <p>詳見： 捌之三「偏振片魔術盒」 捌之四「偏振穿透魔術筒」</p>

教學提示：上下偏振軸一定要互相垂直。過程中可依學生程度給予提示。

發表時以分組競賽的形式進行，並給予正向增強物，鼓勵學生發表。



中間的三角形黑影其實並不存在
這是上一個活動的延伸問題
可使學生思考其中緣由



5、展示另一種造型且製作更簡易的偏振穿透魔術筒(圓筒造型)，給予另一種感官刺激。

引導學生回到科學史上的發展。科學史的演變就像生物一樣是流質的、不斷進化的，也是長時間努力的結果。

分享教師本身的研發經驗與創作歷程。

將探究過程的經驗轉移到學生們的身上，讓他們也有機會複製、模仿，甚至是揣摩這個歷程。融入情意的教學會更具說服力

鼓勵學生提出自己的看法。

10

偏振穿透魔術筒(圓筒造型第一代)、偏振穿透魔術筒(圓筒造型第二代)



偏振穿透魔術筒(圓筒造型第一代)
使用透明寶特瓶瓶身



偏振穿透魔術筒(圓筒造型第二代)
使用更為便宜的海報管

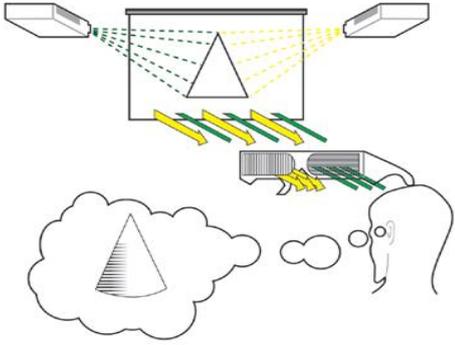
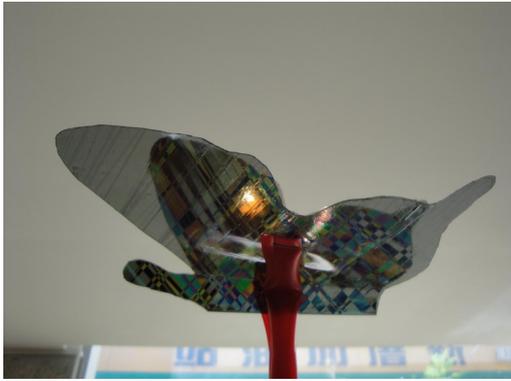


探究過程不見得可以做出成果，可是讓學生走一次科學產生的歷程，學會使用科學方法去分析、比較。遠比獲得科學知識來得有用，這種能力也才能帶著走。

※延伸作業

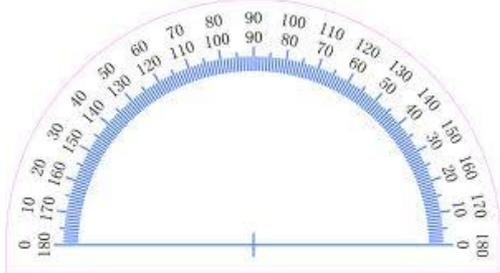
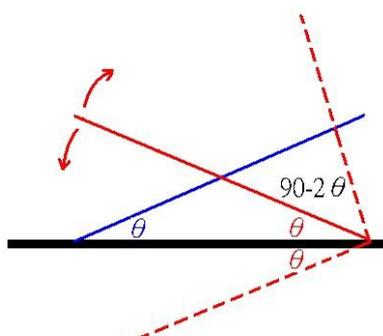
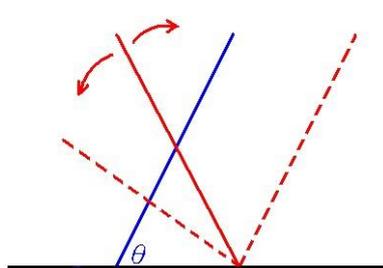
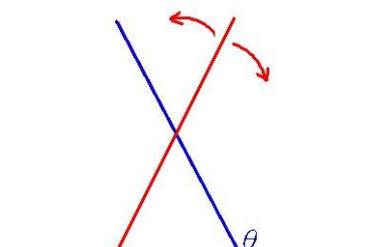
觀察並尋找生活當中還有沒有其他偏振應用的相關產品，請記錄下來。

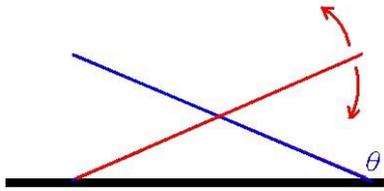
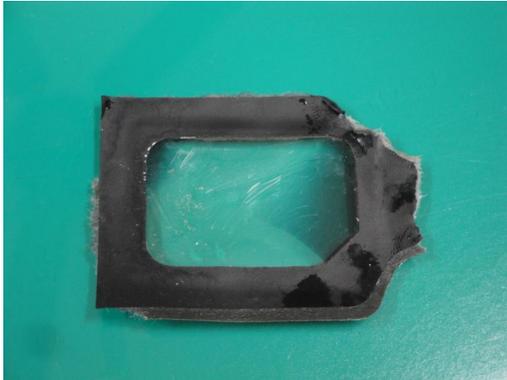
第二節

教學流程	時間	使用教具	相關照片
<p>※事先準備</p> <p>1、膠帶 2、光碟 3、偏振片 4、熱熔膠（槍） 5、簡報 6、印製學習單</p>			
<p>※教學活動</p> <p>1、鼓勵學生發表在上一節最後的延伸作業內容。</p> <p>傾聽他人的發表及評論。</p>	5		
<p>2、複習並總結上一節的內容，將先前學習到的觀念延伸到這一節以螺旋式教學再利用。</p> <p>教師分別發下具有旋光性與不具旋光性的兩種膠帶，讓學生辨別異。</p> <p>分組進行「以光作畫」的活動。小組合作學習如何使用偏振片與具旋光性的膠帶來分光與濾光。</p> <p>引導學生分析出膠帶層數與夾角上的差異，並利用學習單記錄這些操縱變因的改變所造成色光上的變化。這是訓練科學邏輯與推論的過程。</p>	15	膠帶、偏振片	<p>完成教學目標五</p>  <p>觀察翅膀貼上了膠帶的蝴蝶 思考如何創作出斑斕的色彩</p>  <p>具有旋光性的膠帶製作的手機吊飾 同時操作看看不具旋光性的膠帶 是否有相同的效果？</p>

<p>發表時以分組競賽的形式進行，並給予正向增強物，鼓勵學生發表。</p>			
<p>3、將偏振片、膠帶與光碟片組合在一起，讓學生利用前一個活動所得到的結論，進行實作、討論並參與設計，製作出千變萬化的偏振陀螺。</p> <p>過程中可以隨時發表層數、角度不同的膠帶會形成的色光，並與大家分享，縮短製作時程。</p> <p>提示與引導：黏貼膠帶時，一定要在層與層之間有些微角度的變化，讓層數與角度發揮旋光的效果。</p> <p>鼓勵學生發表自己的設計成果。</p> <p>傾聽他人發表並給予友善評論。</p>	<p>1 5</p>	<p>偏振片、彈珠、膠帶、光碟、學習單二</p>	<p>授課內容課程、流程與教學說明</p> <p>詳見： 捌之五「偏振陀螺」</p> <p>完成教學目標六</p>  <p>我所設計的偏振陀螺不但膠帶會過濾出不同的色光隨著偏振片的角度也產生明暗變化</p>  <p>透過偏振眼鏡觀察旋轉的光碟時偏振片也會產生明暗的變化</p> <p>這個活動將膠帶的層數與夾角等變因均考慮在內，學生不但可以學會控制變因，並可以操弄變因，為科學歷程與科學方法上的探究，學生更要懂得怎麼樣去記錄。</p>
<p>4、檢討與總結，填寫完學習單，並鼓勵學生發表感想。</p>	<p>5</p>	<p>學習單二</p>	
<p>※延伸作業 將影響到色光的相關因素整理出來，並有系統地將如何產生各種色光的方法歸納、分類後整理記錄下來。</p>			

第三節

教學流程	時間	使用教具	相關照片
<p>※事先準備</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、偏振片 2、數學幾何簡報檔 3、水盆 4、手電筒 5、譬喻模型簡報圖 6、印製學習單 			
<p>※教學活動</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、鼓勵學生發表在上一節最後的延伸作業內容。 <p>傾聽他人的發表及評論。</p>	5		<p>活動除了可以很快地擄獲學生的興趣，也能讓他們對科學有正面的態度興趣，這也是學習收穫的一種。此外，科學技能也是一種收穫，也是科學目的之一。</p>
<ol style="list-style-type: none"> 2、教師引入一個有趣且簡單的分析方法，而且僅僅使用到國中的幾何概念，讓學生不會感到排斥，並有動機去完成挑戰。 <p>情境：試問，在沒有工具的情況下，如何測量偏振軸的角度？</p> <p>藉由觀察簡報，引導學生觀察並分析、歸納偏振片上各種不同的偏振軸旋轉時所呈現明暗變化趨勢。</p> <p>透過數學的分析讓學生由逐漸理解的讚中循序漸進，不排斥進階挑戰性問題的考驗，讓學生以新建構的知識基模來解決所遇到的情境。</p>	20	<p>如何計算偏振軸角度的簡報檔、學習單三</p> <p>利用板書引導或使用數位簡報進行幾何的講解</p>	<p>完成教學目標七</p>  <p>偏振軸角度在 45 度以下的分析圖</p>  <p>偏振軸角度在 90 度以下的分析圖</p>  <p>角度介於 90~135 度之間的分析</p>

<p>挑戰性問題：順時針旋轉 20 度會變暗，逆時針旋轉 70 度會變亮，請問 $\theta = ?$</p> <p>傾聽他人的發表及評論，給予友善回饋。</p>			 <p>角度介於 135~180 度之間的分析</p>
<p>3、引入簡易偏振片剝離術，讓學生經歷另一次科學發現與科學方法產生的歷程。</p> <p>讓學生發現偏振片的基本組成為兩片透明的塑膠夾著一張塗滿偏振物質的薄膜，就像三明治結構般，是書本上沒教的實務，也將科學理論與方法再做結合。</p>	<p>10</p>	<p>偏振片、水盆</p>	<p>授課內容課程、流程與教學說明</p> <p>詳見： 捌之六「偏振片中的秘密(上)」 捌之七「偏振片中的秘密(下)」</p> <p>完成教學目標八</p>  <p>將立體眼鏡的鏡片泡在水瓢內透過水，鏡片與紙框就會剝離</p>  <p>從水中拿出來靜置一段時間後中間的薄膜因為水而起皺</p>



這是全新的體驗！
而且可以讓學生實作並親眼看到
偏振片其實是像三明治般的結構

4、分享教師本身進行探究的歷程。

思索與頓悟，是研發與探究過程中的兩大要件。以偏振片上的「物質分子的排列」為例，來分享自己的探究歷程。

帶著學生一起發現學習，從生活中的簡單方法來經歷科學家的探索過程，而不是教給他們死記了一輩子但卻用不著的科學知識。

10

偏振片、手電筒、譬喻模型簡報圖、學習單四

完成教學目標九



依照鏡架上的說明，右眼偏振軸的方向是右上延伸到左下
而偏振物質長鏈分子的排列是左上延伸至右下

			 <p>在有陽光的環境下觀察更是明顯 不用手電筒也觀察得到</p> <p>整個課程是在走科學方法的路線， 也就是經歷科學產生的歷程。</p>
<p>5、檢討與總結，填寫完學習單，並鼓勵學生發表感想。</p>	<p>5</p>	<p>學習單四</p>	<p>完成教學目標十</p>  <p>對孩子們而言，探究能力的培養才是有用的，對自然科學的興趣與熱情才是帶著走一輩子的能力，也才能期望下一代有更突破的發展。</p>
<p>※延伸作業 將使用到的數學相關原理原則歸納、分類後整理記錄。寫下自己有關探究過程中的發現、心得與分享，和自己預期的收穫有沒有哪裡不一樣。</p>			

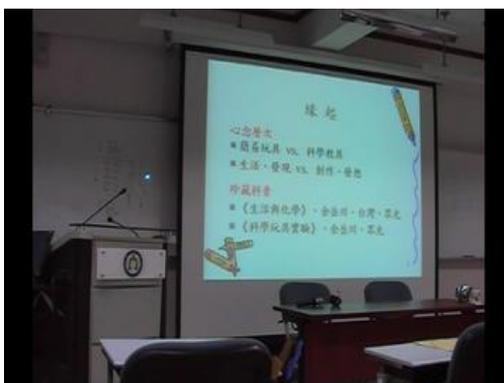
陸、實際授課紀錄



受邀擔任教師研習營講師，將課程發展心得分享給其他國中科學教師



以愛物惜福的觀念製作簡易教具，回饋並啟發社區子弟



與各地教師團體分享教學歷程與研發心得，三個小時後仍是欲罷不能



「玩玩具學物理」學習單一

一、觀看 3D 電影所戴的特殊眼鏡稱為_____，主體是由稱為_____的光學塑膠片所製成，又可以稱為_____或_____。

二、偏振片 (polarizer) 的作用原理

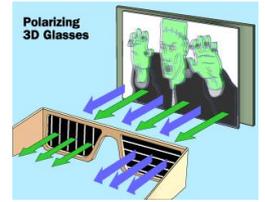
(一) 光是一種_____波，也是電場、磁場與前進方向垂直的_____波。

(二) 自然界的光，大多來自於_____，其內部激烈的核融合反應，使每一個原子皆放出光波。

(三) 使電磁場只能在固定方向週期性的變化 (或振盪) 的光稱為_____ (polarized light); 不同原子可以放出不同方向的偏振光，合成來形成一個電磁場，並不在一固定方向週期性振盪，稱為 (unpolarized light)

(四) 利用網路搜尋得知，偏振光光源與非偏振光光源分別列出有下列幾種：

我的資料與小組討論：



三、偏振片的材質：

(一) 為一長鏈狀分子所構成。

(二) 光的電磁場振動若_____長鏈方向，則能量被其吸收，極少通過；若垂直於長鏈，則吸收少部分能量，大部份的光可以穿透。

(三) 也就是說，偏振光在偏振片轉 90 度時，會有不同的視覺效果。

四、所謂的 3D 立體電影，必須配戴一種特殊眼鏡才能看出立體效果。

(一) 你所看到的影像是：

(1) 亮或暗？

(2) 是否清楚？

(3) 若不清楚，有幾組模糊影像？

(二) 試試看操作這副特別的眼鏡，你發現了什麼？

(1) 不戴立體眼鏡

(2) 戴上立體眼鏡時，先只用右眼 (或左眼) 單眼觀看

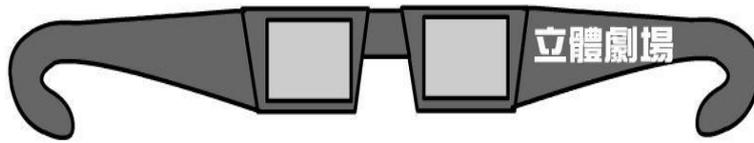
(3) 以立體眼鏡之左右鏡片交換著看

(4) 以立體眼鏡之上下方向交換著看

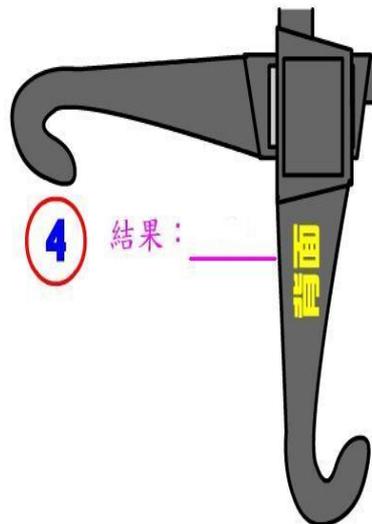
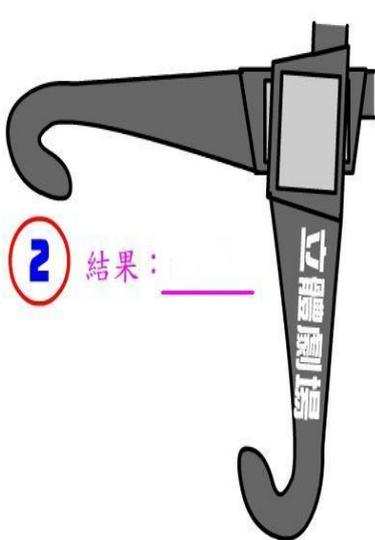
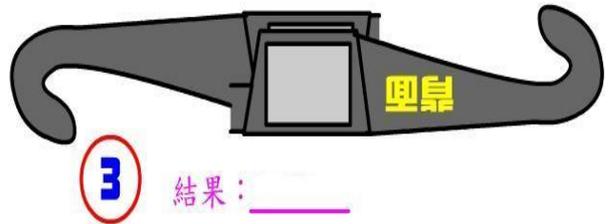
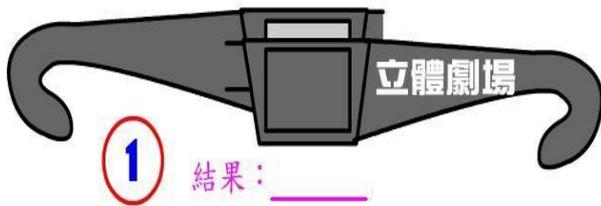
(5) 兩支立體眼鏡重疊時，左邊對左邊，右邊對右邊，然後觀察

(6) 兩立體眼鏡重疊，但是左邊對右邊，右邊對左邊，然後觀察

(7) 兩立體眼鏡重疊，旋轉其中一個鏡片的的角度，然後觀察



問題一：



問題二：

兩偏振片間夾膠帶結果：

膠帶平行一片→__色

膠帶平行一片+垂直一片→重疊處_____

膠帶平行一片+垂直一片+平行一片→重疊處__色

膠帶平行一片+垂直一片+平行一片+垂直一片→重疊處_____

膠帶平行一片+垂直一片+平行一片+垂直一片+平行一片→重疊處__色

.....

也就是每次都垂直方向貼膠帶，遇偶數就____，奇數就_____

「玩玩具學物理」學習單二



一、偏振片在生活上的一些應用：

- (一) 偏振片可以消除其他反射面所反射出來的_____偏振光，使我們看得到深處的像。
- (二) 照相機加具有_____功能的濾鏡，拍攝日光下的風景照會更清晰。這是因為空氣散射形成的偏振光被部分阻隔，使得只有部分特定波長的光可以穿透鏡頭，進入照相機。
- (三) 液晶顯示器（亦稱為_____）裡面也有應用到偏振的功能。
- (四) 查查看有哪些昆蟲的眼睛能辨識偏振光，即使在不熟悉的異域，也能藉此辨識方位。

我的資料與小組討論：



二、在偏振片上，貼上_____，再以另外一片偏振片觀察，可以看見彩色圖案！對其中一偏振片_____時，彩色圖案的顏色會改變！

- (一) 不同_____和_____的膠帶會產生不同顏色，我可以調整出_____種顏色。影響的因素共有：_____、_____、_____和_____。

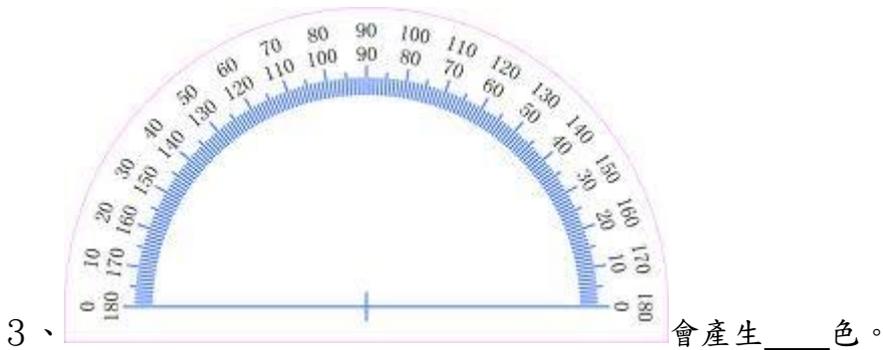
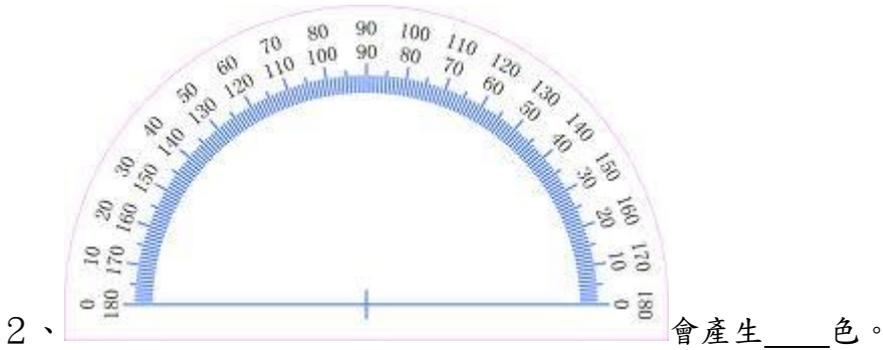
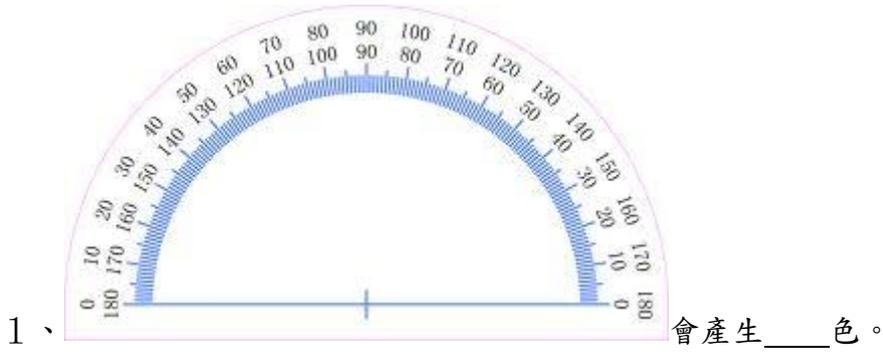
膠帶層數	1	2	3	4	5	6	7
顏色變化							

偏振片固定不動時：

膠帶夾角							
產生顏色							

- (二) 為什麼會有這些彩色出現？這是一種叫做_____（photoelastic effect）的現象。
- (三) 玻璃紙製成而成的透明膠帶，在製造過程中，因為內部分子已經被排列成具有_____（Birefringence）特性。也就是兩互相垂直偏振的光，在特殊物質（例如：石英）內，會有不同的折射率。

(四) 根據你的操作結果，將膠帶的形狀和夾角畫在底下的量角器圖形上。
至少畫出三組哦！



三、畫出屬於你獨一無二的偏振陀螺作品圖吧！

作品名稱：

外觀與特色：

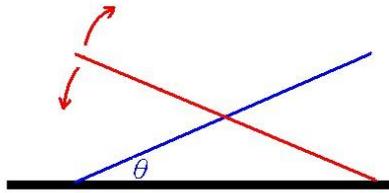
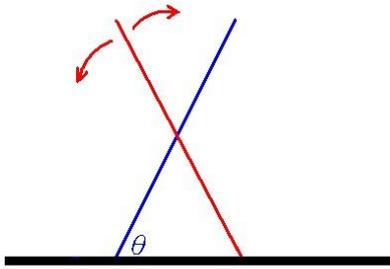


「玩玩具學物理」學習單三

一、請在下方圖中的旋轉箭頭旁填入「亮或暗」：

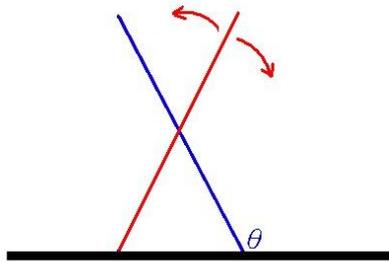
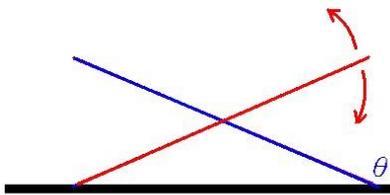
(一) $0 < \theta < 45$ 時

(二) $45 < \theta < 90$ 時



(一) $90 < \theta < 135$ 時

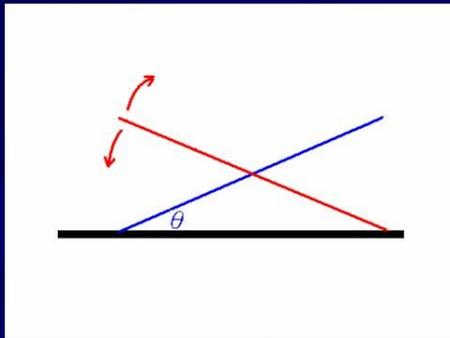
(二) $135 < \theta < 180$ 時



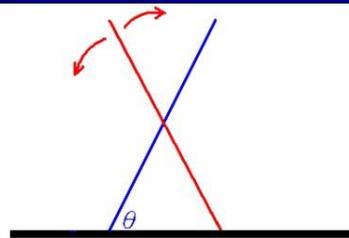
二、如何使用數學方法計算偏振角：

請在下方箭頭上填入想要變暗或者是變亮的角度範圍。

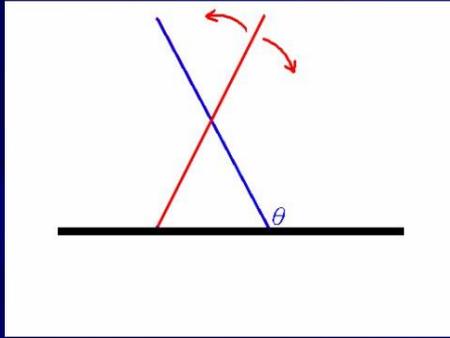
$0 < \theta < 45$



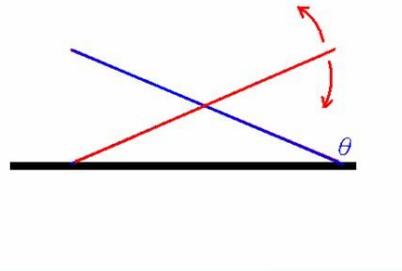
$45 < \theta < 90$



$$90 < \theta < 135$$

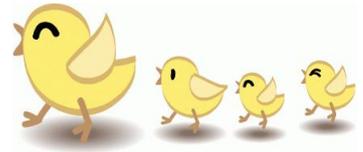


$$135 < \theta < 180$$



三、挑戰性問題：

順時針旋轉 20 度會變暗，逆時針旋轉 70 度會變亮，請問 $\theta = ?$



當我重新當小孩之後，才體會到小孩其實有多麼快樂。這種快樂不是建築在金錢、物質與享受上，而是在於實現。實現有很多種定義，但不論是何種形式的自我挑戰，只要達成了各種目標，就能是自我實現上的快樂。

以往在教育心理學上所讀到的人的需求層次，越往頂端越不是實體的，而是國外學者所提出來的構念，只是一種敘述。我們很容易實踐底下的部分，但是越往高層發展，越容易迷失，最後終於與現實妥協，認為這樣已經是極限了，這樣已經夠好了。

當科學老師是一個我國中就已經知道的明確方向，從小到大也都是在高雄求學，真的就這麼長大了，理所當然地當了老師。但是進入職場之後，卻是越來越不滿足，因為我覺得大學所學得的不夠我用，我教起來既無力也很無趣。於是我想要站起來，離開原本的位置看看自己（說真的，我自己真的還有過靈魂出竅的經驗），仔細瞧瞧自己究竟是怎麼了，為什麼有這樣的無力感。

觀察到後來，我認清了一件事，我沒有可以對話的人，我只能讓自己的左右手互搏。於是我想改變自己，因為再這樣下去，十年後、二十年後，甚至是退休前的都會不快樂，因為就只是心臟還會跳而已。雖然不知道別人不快樂的定義是什麼，但是對於我來說，那代表心已經死了。

一個願意探索的老師，才會發現願意改變的學生，願意改變不見得是老師的功勞，但是能發現學生的改變，卻是必要的職能。我們有義務把課本中的艱深科學原理原則轉化成簡單易懂的語詞，這是我們的基本工作，不是嗎？試著降低自己的階級本位，聆聽他們的想法，讓學生願意和你對談，去信服你這個老師，認為你的存在對他們是有用的，而不是我說的你們專心聽進去、給我記起來就對了。

記得起來嗎？當你不再使用或不願意使用時，你還記得你背得滾瓜爛熟的科學原理嗎？當然忘得差不多了！那我們又如何期待不想要當科學家的學生們熟記老師講過數十萬遍的耳提面命？難啊！

但是學生會記得一個人帶給他們熱情，教他們如何重新認識這個世界，給予他們空間與能力的老師。我們傳給他們的知識，不見得以後派得上用場，但是他們所觀察到的、感受到的以及已經訓練成型的能力，卻會跟著他們一輩子。

我們不是在訴說自己有多厲害、多會教書，而是在交流分享、獲得與付出之間得到滿足感，那是一種幾近於飢渴的感覺，從金字塔底端到頂端一直循環著。只有有活力的老師，才能教出有朝氣的學生；只有試著交談的老師，才會帶出願意分享的孩子；也唯有快樂的老師，才能讓小孩願意到學校來。

每個人心中都住著一個小孩，你有多久沒當小孩了呢？

寫下自己在這段過程中的想法與心得，或者與自己的對話：

你還願意分享什麼嗎？

