

第六章 波動

(一)週期波

發生	1.彈性體受擾動而產生波動現象，稱為波動。 2.波動傳遞能量，不傳遞介質，介質僅在原處附近振動。	
比較	力學波	非力學波
來源	需介質才能傳播者，稱為力學波。	不需介質即可傳播者，稱為非力學波。
種類	水波、繩波、聲波、上下或左右振動的彈簧波等	光波、微波、無線電波、紅外線、紫外線、X射線等
比較	橫波	縱波
定義	介質振動方向和波前進方向互相垂直的波，稱為橫波，又稱高低波	介質振動方向和波前進方向互相平行的波，稱為縱波，又稱疏密波。
圖示		
名詞	<p>1.波峰：一個波動的最高點，稱為波峰。 2.波谷：一個波動的最低點，稱為波谷。 3.振幅：自平衡點至最高處的距離稱為波峰；振幅愈大則能量愈強。 4.波長(λ)：相鄰的兩個波峰，或相鄰的兩個波谷的距離，稱為波長。 5.週期(T)：一次完整波動所經歷的時間＝波動前進一個波長的時間。 6.頻率(f)：每秒鐘所產生的波數，為週期的倒數，即</p> $f = \frac{1}{T} \text{ 或 } T = \frac{1}{f} \text{ 單位為赫茲或赫，簡寫為 Hz。}$ <p>7.波速(v)：波動傳播的速率，單位為 cm/s 或 m/s。</p>	
波速的討論	<p>1.波速 $v = \frac{\text{距離}}{\text{時間}} = \frac{\text{波長}}{\text{週期}} = \text{波長} \times \text{頻率}$ $v = \frac{x}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$</p> <p>2.波速： 甲、同一介質中的波速相同，波長愈短時，頻率愈大。 乙、水：深水波速 > 淺水波速 聲速：固體 > 液體 > 氣體 光：固體 < 液體 < 氣體 < 真空 繩：粗繩波速 < 細繩波速，鬆繩波速 < 緊繩波速</p> <p>3.反射：反射波與入射波在相同介質，因此波速、頻率、週期相同。 4.穿透：不同介質中行進，頻率相同，波速大者波長大，波速小者波長小。 5.由於波動會部分反射，部分穿透，部分吸收，因此反射波或穿透波能量小於入射波能量，因此振幅會減小。</p>	

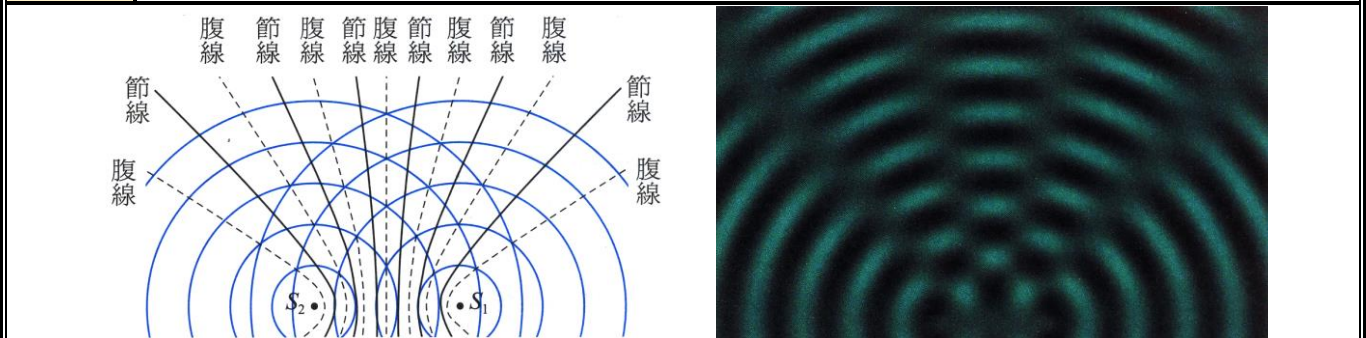
第六章 波動
(二) 水波

水波槽	<ol style="list-style-type: none"> 1.觀察水波性質的裝置。 2.水波的傳播情形呈現在下方的白紙上。 3.優點：容易產生，容易觀察，容易控制，能驗證水波各種性質。
圖形	<ol style="list-style-type: none"> 1.波前： <ul style="list-style-type: none"> 甲、相鄰波峰的連線，或相鄰波谷的連線，稱為波前。 乙、兩相鄰波前的距離，即為波長。 2.亮紋：凸的波形(波峰)容易聚光，類似凸透鏡。 3.暗紋：凹的波形(波谷)容易散光，類似凹透鏡。 4.相鄰的兩亮紋間距離為視波長，與白紙距離或是否為平行光源有關。 水波槽四周放置海綿條，可吸收入射波，減少反射波的干擾。
反射	<ol style="list-style-type: none"> 1.反射波遵守反射定律。 2.直線障礙物 \Rightarrow 波形不變 <ul style="list-style-type: none"> 甲、直線波入射反射波為直線波。 乙、圓形波入射，反射波為圓形波。 3.已知入射波前： <ul style="list-style-type: none"> 甲、與入射波前垂直的是入射線。 乙、與介面垂直，畫出法線。 丙、入射角 = 反射角，畫出反射線。 丁、反射波前和反射線垂直。 4.入射波與反射波為同一介質，波速相同，頻率不變，波長相同，僅進行方向不同。
折射	<ol style="list-style-type: none"> 1.深水區波速 > 淺水區波速。 2.波動在速率不同的介質中行進，會導致方向改變，因此發生折射現象。 3.速率快到慢的介質： <ul style="list-style-type: none"> 甲、折射線接近法線，折射角 < 入射角。 乙、速率減小，波長減小，但頻率始終不變。 4.速率慢到快的介質： <ul style="list-style-type: none"> 甲、折射線偏離法線，折射角 > 入射角。 乙、速率變大，波長增大，但頻率始終不變。

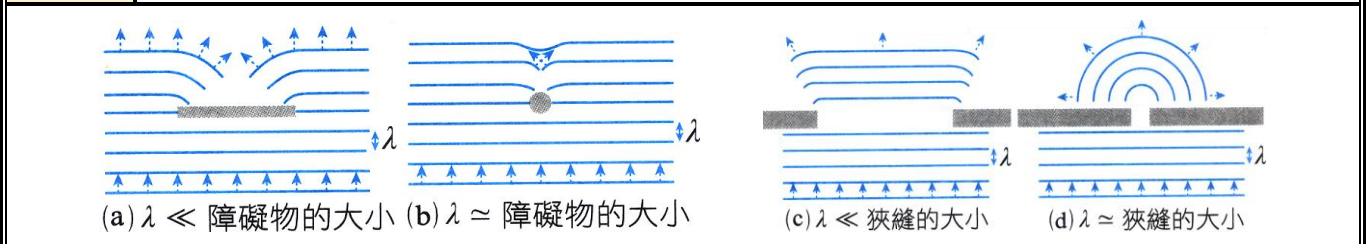
第六章 波動

反射	深水 \Rightarrow 淺水	淺水 \Rightarrow 深水

干涉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 振幅不大時，兩波相遇時，振幅疊加的現象，稱為干涉。 2. 干涉僅發生在兩波相遇時，干涉後兩波又各自前進，互不影響，稱為波的獨立性。 3. 建設性干涉： <ul style="list-style-type: none"> 甲、同頻率、同振幅的兩波相遇時，波峰與波峰或波谷與波谷疊加，稱為建設性干涉，可得到 2 倍之振幅，相遇之點稱為腹點。 乙、所有腹點的連線，稱為腹線。 丙、兩波源間的中垂線必為建設性干涉，因此為腹線。 4. 破壞性干涉： <ul style="list-style-type: none"> 甲、同頻率、同振幅的兩波相遇時，波峰與波谷疊加，此時的振幅最小，稱為破壞性干涉，相遇之點稱為節點。 乙、兩波的振幅相同時，節線處的振幅相抵消，因此位移為零。 丙、所有節點的連線，稱為節線。
----	--



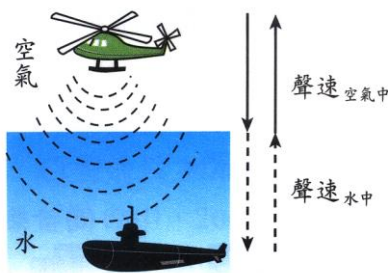
繞射	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水波遇到狹縫或障礙物時，發生進行方向改變的現象，稱為繞射。 2. 波的繞射能力 $\propto \frac{\text{波長}}{\text{狹縫寬度}}$，因此障礙物的大小相對於波長愈小，繞射現象愈明顯。 3. 狹縫寬度相對於波長愈小，繞射現象愈明顯。 4. 狹縫寬度接近波長時，幾乎會變成圓形波。 5. 水波、聲波、光波都有繞射的現象： <ul style="list-style-type: none"> 甲、水波振幅最明顯的位置為建設性干涉，完全靜止的位置為破壞性干涉。 乙、聲波音量最大的地方為建設性干涉，音量最小的地方為破壞性干涉。 丙、光波亮度最大的位置為建設性干涉，亮度為零的位置為破壞性干涉。
----	--



第六章 波動

(三) 聲波

<p>縱波</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.聲音在空氣中為縱波，振動方向與波進行方向相平行。 2.聲波能傳遞能量，能量愈大，則聲波的振幅愈大。 3.聲波的頻率＝發音體的振動頻率。 4.人耳能接收得頻率為 20 赫～20000 赫。超過 20000 赫以上，稱為超聲波，發生頻率低於 20 赫以下，稱為聲下波。
<p>聲速</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.聲波需要介質，且固體>液體>氣體。 2.同一介質中，聲速相同。 3.氣溫愈高，聲速愈快；空氣中的聲速 $V=331+0.6t(^{\circ}\text{C})$。 在 15°C 時，聲速 $V=340\text{ m/s}$。 4.濕度愈大，聲速愈快； 5.風向：順風>無風>逆風。
<p>反射 (回聲)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.聲音遇到障礙物會發生反射，遵守反射定律；反射的聲音稱為回聲。 2.回聲仍在同一介質，其波速、頻率、週期均不變；僅振幅變小，進行方向改變。 3.回聲與原聲相隔 0.1 秒鐘以上，耳朵能分辨兩聲音，因此距離障礙物需 17 公尺以上。 4.聲波遇到光滑或堅硬的表面(如牆壁)較易反射；遇有孔隙或柔軟的表面(如吸音板、布幔)易被吸收，導致回聲變小聲。 5.應用： <ul style="list-style-type: none"> 甲、傳聲筒：使聲音藉反射傳得更遠處。 乙、蝙蝠利用超聲波的回聲定位；海豚利用超聲波溝訊息。 丙、漁船利用聲納探測海底深度或魚群位置。 丁、雷聲轟隆隆地響，是由於聲音在各處反射的緣故。 戊、孕婦可藉超聲波反射，掃描胎兒的活動狀況。



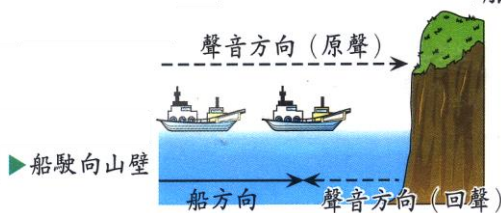
$$\frac{\text{回聲時間}}{2} = \frac{(\text{直昇機至水面距離})}{\text{聲速}_{\text{空氣中}}} + \frac{(\text{潛艇至水面距離})}{\text{聲速}_{\text{水中}}}$$

兩峭壁間呼喊問題：

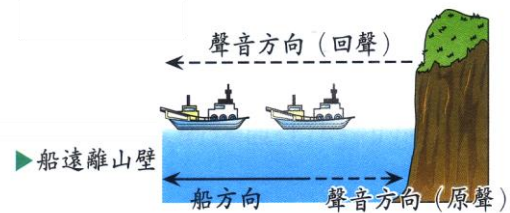


$$\text{兩峭壁的距離} = \frac{(\text{第一次回聲時間} + \text{第二次回聲時間}) \times \text{聲速}}{2}$$

船鳴笛問題：



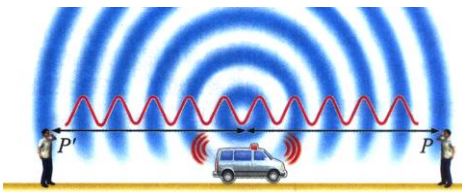
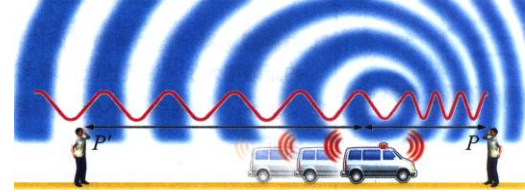
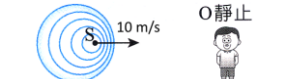

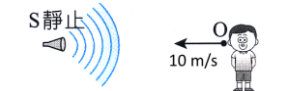



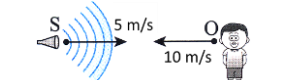
$$\text{鳴笛後 } t \text{ 秒聽到回聲，鳴笛距離山壁} = \frac{(\text{聲速} + \text{船速}) \times t}{2}$$



$$\text{鳴笛後 } t \text{ 秒聽到回聲，鳴笛距離山壁} = \frac{(\text{聲速} - \text{船速}) \times t}{2}$$

第六章 波動

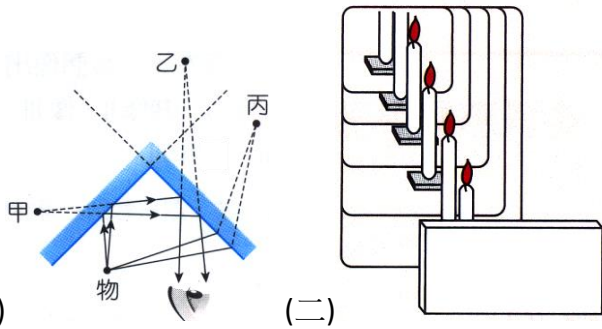
(四) 都卜勒效應

<p>現象</p>	<p>4.波源與觀察者間發生相對運動時，觀察者接收到的頻率與波源發出的頻率不同，此現象稱為都卜勒效應。</p> <p>5.警車鳴笛疾駛接近時，會聽到較高的頻率，疾駛離開時，會聽到較低的頻率。</p> <p>6.發光的星球接近時，星球光譜的頻率增大，波長減小，稱為『藍位移』。</p> <p>發光的星球遠離時，星球光譜的頻率減小，波長增大，稱為『紅位移』。</p>			
<p>特性</p>	<p>1.聲源與觀察者彼此相對接近時，觀察者接收到的頻率會升高。</p> <p>2.聲源與觀察者彼此相對遠離時，觀察者接收到的頻率會降低。</p> <p>3.聲源與觀察者無相對速度時，觀察者接收到的頻率不變。</p> <p>4.聲源運動時，波源前方的波長減小，波源後方的波長增大，與觀察者的速度大小與方向無關。</p> <p>5.聲源與觀察者相對速度愈大時，觀察者接收到的頻率與聲源發出的頻率差距愈大。</p>			
<p>判斷</p>	<p>1.先畫出波源和觀察者的連線。</p> <p>2.判斷波源與觀察者間是否有相對運動： 相對接近時，接收的頻率增加；相對遠離時，接收的頻率降低。</p> <p>3.若無相對運動或運動方向相垂直時，則接收頻率不變。</p>			
<p>應用</p>	<p>棒球測速槍、汽車測速槍。</p>			
 <p>波源靜止時，波源前方或後方測得波長相同。</p>		 <p>波源接近時，接收到的波長變短， 波源遠離時，接收到的波長變大。</p>		
<p>圖示</p>	<p>相對運動</p>	<p>視波速</p>	<p>接收的波長</p>	<p>接收的頻率</p>
	<p>波源 10m/s 接近觀察者</p>	<p>不變</p>	<p>變小</p>	<p>變大</p>
	<p>波源 10m/s 離開觀察者</p>	<p>不變</p>	<p>變大</p>	<p>變小</p>
	<p>觀察者 10m/s 接近波源</p>	<p>變大</p>	<p>不變</p>	<p>變大</p>
	<p>觀察者 10m/s 離開波源</p>	<p>變小</p>	<p>不變</p>	<p>變小</p>
	<p>波源 5m/s 接近觀察者</p>	<p>變大</p>	<p>變小</p>	<p>變大</p>
	<p>觀察者 5m/s 離開波源</p>	<p>變小</p>	<p>變小</p>	<p>變小</p>
	<p>波源 15m/s 接近觀察者</p>	<p>變大</p>	<p>變小</p>	<p>變大</p>

第六章 波動
(五) 光波

光線直進	性質	1.光為電磁波的一種，不需憑藉介質，就可以傳遞能量。 光速：真空 > 氣體 > 液體 > 固體。 2.光在真空中或在均勻介質中，沿直線前進。	
	證據	物體的影子、針孔成像、日食、月食	
	針孔成像	1.形成倒立實像，物與像上下顛倒，左右相反。 2.針孔愈大，成像愈模糊。 3.物距 > 像距：縮小倒立實像 4.物距 = 像距：相等倒立實像 5.物距 < 像距：放大倒立實像	
反射	定義	1.光在任何表面反射時，均會遵守反射定律： 甲、入射線、反射線與法線在同一平面上，且入射線與反射線分別在法線兩側。 乙、反射角 = 入射角。 2.萬花筒為平面鏡的應用。	
	種類	單向反射	多重反射
	性質	平行光照在光滑表面上，反射後仍然是平行光，又稱鏡面反射。	平行光照在凹凸不平的表面，反射光朝四面八方散射，又稱漫反射。
	圖示		
平面鏡	1.利用光的反射原理而成像。 2.物與像的連線與鏡面垂直。 3.生成正立相等虛像，左右相反。 4.物距 = 像距。		
凸面鏡	1.必定生成正立縮小虛像，像必在鏡後的虛焦點內。 2.為發散面鏡，可將反射光線向外散開。 3.可使視野範圍變廣。 4.應用： 甲、汽車後視鏡，能增加視野，縮小影像，避免行車死角。 乙、迴旋山路或轉彎處架設廣角鏡，來增加視野，方便看到彎道處的對向來車。 丙、商店裝置廣角鏡，容易監視店內大部分的角落。		
凹面鏡	1.成像路徑： 甲、平行主軸的光，經凹面鏡反射後經過焦點。 乙、經過焦點的光，經凹面鏡反射後平行主軸。 2.物體在焦點內可形成放大正立虛像(鏡後)。 物體在 F(焦距)~2F 間為放大倒立實像。 物體在 2F 外為縮小倒立實像。 3.應用： 甲、太陽能集熱器：將反射光聚集在焦點上，使太陽能集中。 乙、手電筒的燈頭、舞台的探照燈、汽車的車前燈、化妝鏡。		

第六章 波動

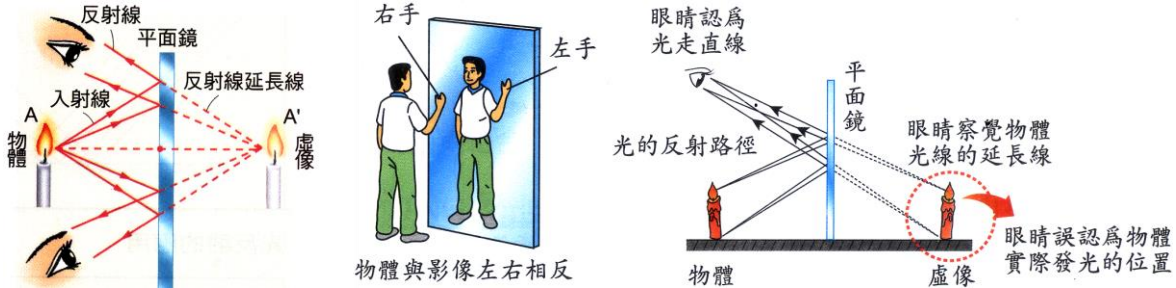


(圖一)：

- 1.甲和丙為物體經鏡面產生的一次成像，物與像左右相反。
- 2.乙為甲和丙經鏡面的二次成像，像與物完全相同。
- 3.人舉右手，鏡中像甲和丙舉左手，乙舉右手。

(圖二)：

- 1.兩平行而立的平面鏡，物置於兩鏡間，經兩鏡面互相反射，可得到無數的像。



折射

- 1.光在不同介質或是不均勻的介質中，因光速改變，進行方向產生偏折現象，稱為折射。
- 2.光速：真空 > 氣體(空氣) > 液體(水) > 固體(玻璃)。

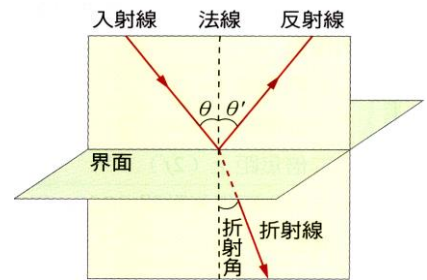
3.折射定律：

甲、入射方向與法線夾角或入射波波前與界面夾角稱為入射角，
 折射線與法線夾角或折射波波前與界面夾角稱為折射角。

乙、入射線、法線、折射線在同一平面上。

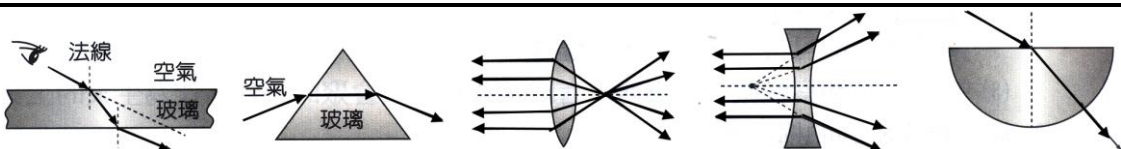
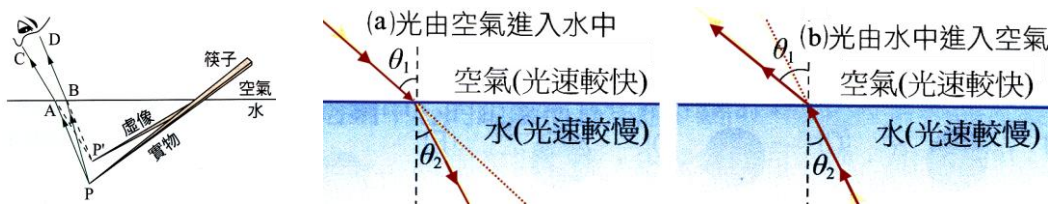
丙、光從速度快的介質傳入速度慢的介質時，折射線會偏向法線，入射角大於折射角。

丁、光從速度慢的介質傳入速度快的介質時，折射線會偏離法線，入射角小於折射角。

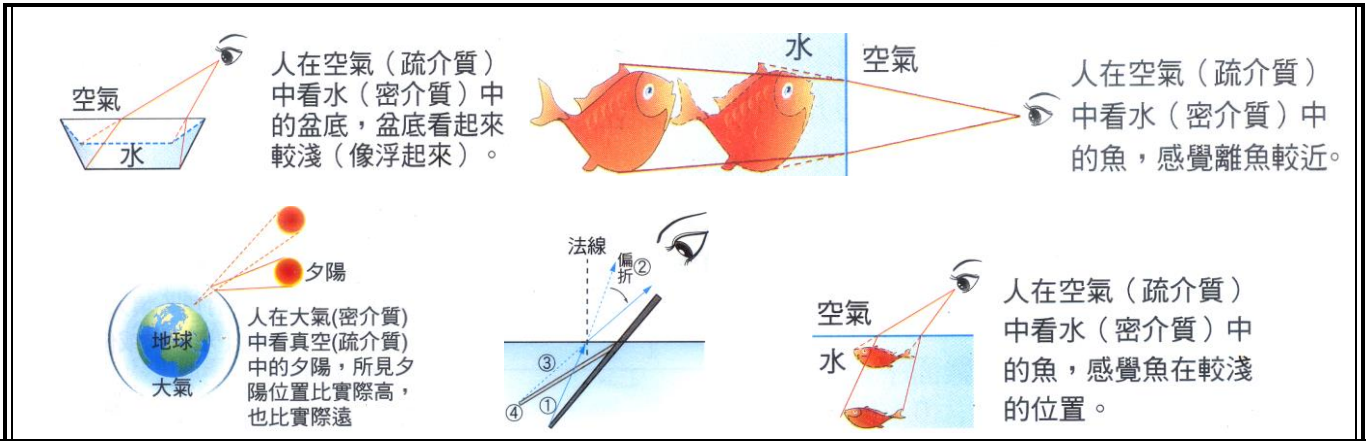


4.實例：

- 甲、插入水中的筷子從水面上看起來，好像筷子向上折成兩截。
- 乙、水倒入玻璃杯內從水面上看杯底，看起來好像杯底變淺了。
- 丙、從水面上看水中的魚，離水面的位置要比實際深度淺一些。
- 丁、拿魚叉叉魚，需瞄準所見到魚的後下方才能命中。
- 戊、日出前能見到太陽，日落後仍能見到太陽。
- 己、沙漠中的海市蜃樓為光的折射現象。
- 庚、星光閃爍是由於星光受到大氣層流動產生不均勻的折射現象。



第六章 波動



反射和折射	角度	頻率	波速	波長	週期	振幅
反射	入射角 = 反射角	相同	相同	相同	相同	相同
折射	入射角 > 折射角	相同	變慢	減小	相同	變小
	入射角 < 折射角	相同	加快	變大	相同	變小

物體在無窮遠處	物體在兩倍焦距外	物體在兩倍焦距上
成像位置：另一側的焦點上 成像性質：一點(實焦點) 	成像位置： 成像性質：倒立縮小實像 	成像位置： 成像性質：倒立相等實像
物體在焦距~兩倍焦距間	物體在焦距上	物體在焦點內
成像位置： 成像性質：倒立放大實像 	成像位置：不成像 成像性質：無 	成像位置：物後 成像性質：正立放大虛像

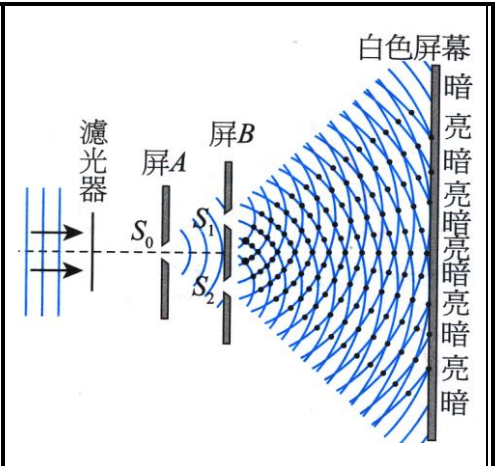
透 鏡	物距 (物和鏡的距離)	像距 (像和鏡的距離)	像	與物同側或異側
凸透鏡	物距 = ∞	像距 = f (焦距)	一亮點	亮點在異側焦點上
	物距 > $2f$	$f < \text{像距} < 2f$	縮小倒立實像	物與像異側
	物距 = $2f$	像距 = $2f$	等大倒立實像	物與像異側
	$f < \text{物距} < 2f$	像距 > $2f$	放大倒立實像	物與像異側
	物距 = f	像距 = ∞	無法成像	
	$0 < \text{物距} < f$	$0 < \text{像距} < \infty$	放大正立虛像	物與像同側
凹透鏡	物距 > f	$0 < \text{像距} < f$	縮小正立虛像	物與像同側
	物距 = f	$0 < \text{像距} < f$	縮小正立虛像	物與像同側
	物距 < f	$0 < \text{像距} < f$	縮小正立虛像	物與像同側

- 像若是倒立,則必為實像,且物與像異側。像若是正立,則必為虛像,且物與像同側。
- 物在兩倍焦距上,則物距等於像距,物與像的大小相等,且物與實像最接近,所以物與實像的最近距離是四倍焦距(可由成像公式得證)。
- 凸透鏡無法成縮小正立虛像。凹透鏡只能成縮小正立虛像。
- 如果像是上下顛倒,請將你的頭轉 90 度,就會發現像的左右也會相反(平面鏡例外)。

第六章 波動

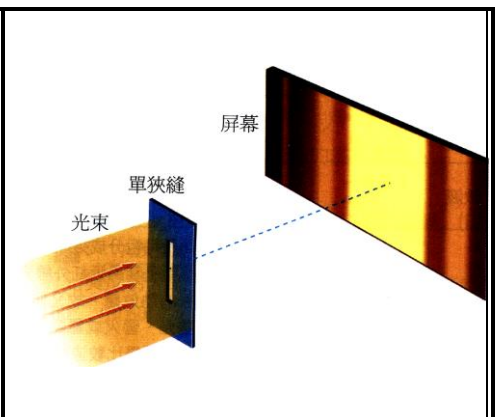
(六) 光的雙狹縫干涉

1. 西元 1801 年，楊格完成雙狹縫干涉實驗，確認光的波動性。
2. 光通過十分接近的兩個狹縫，再投射至屏幕上，屏幕上會出現寬度相等，且明暗相間的干涉條紋。
3. 雙狹縫視為兩個同調的波源，兩狹縫發出的波在屏幕重疊，產生干涉條紋。
4. 雙狹縫干涉條紋的中央亮帶與其他亮帶寬度相同，亮度相同。
5. 狹縫直立方向，寬度則為左右方向，產生的繞射條紋會向左右兩側開展。
6. 雙狹縫間距愈小，光波長愈大，屏幕距離愈遠，則干涉條紋的亮帶寬度愈大。



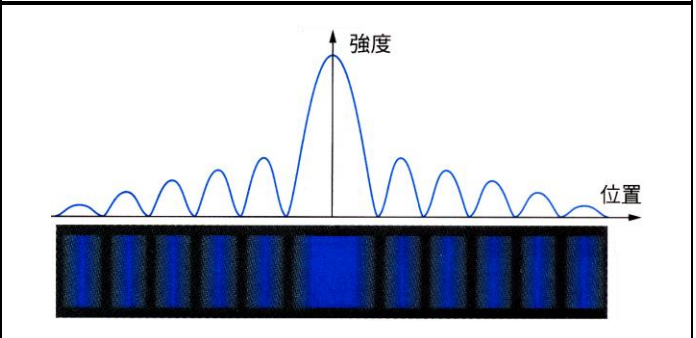
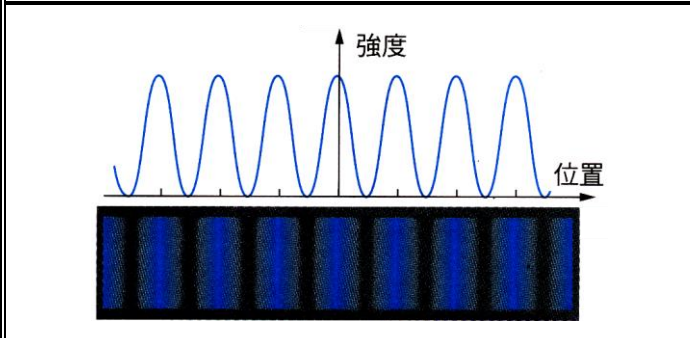
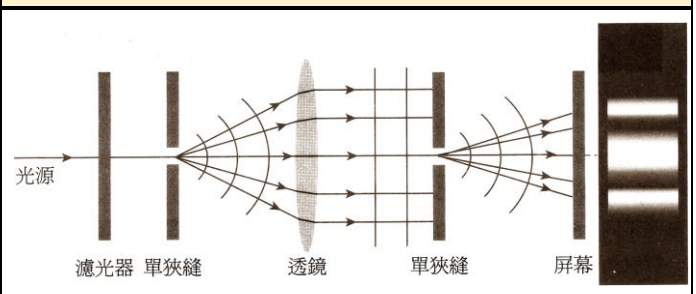
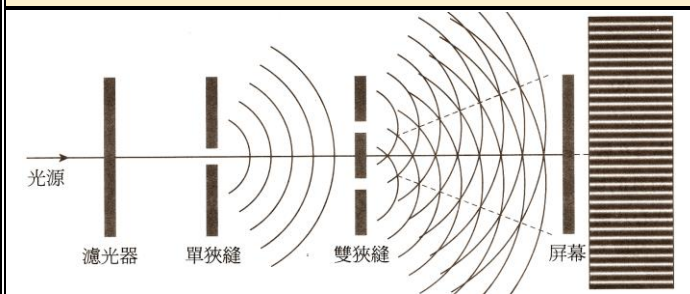
(七) 單狹縫干涉

1. 光經單狹縫後，在後方屏幕上會呈現明暗相間的繞射條紋。
2. 屏幕上中央的亮紋寬度是其他亮紋上寬度的兩倍。
3. 光在屏幕上發生的繞射現象，是由於波的疊加原理造成，其中亮線是由於建設性干涉，暗線是由於破壞性干涉。
4. 單狹縫繞射條紋中央亮帶較其他亮帶寬，也較其他亮帶亮。
5. 狹縫直立方向，寬度則為左右方向，產生的繞射條紋會向左右兩側開展。
6. 單狹縫的寬度愈小，入射光的波長愈大，屏幕距離愈遠，則繞射條紋的亮帶寬度愈大。



雙狹縫干涉

單狹縫繞射



1. 光碟片上鍍膜的一面會呈現七彩條紋。
2. 吹泡泡時肥皂膜上的彩色條紋。
3. 含油漬的水窪在陽光下呈現七彩的條紋。
4. 眼鏡鏡片上鍍膜表面有七彩條紋。

1. 遠處路燈經瞳孔繞射，形成圓形的光暈。
2. 日光燈與手指的縫隙平行，可見到繞射的條紋。
3. 遠處的車燈經瞳孔繞射，形成圓形光暈。
4. 紅綠燈上的 LED 燈遠看成一片紅燈或綠燈。

第六章 波動

(八)光的本質說

學說	微粒說	波動說
代表	牛頓(英)	惠更斯(荷)
主張	光是由一顆顆的粒子組成。其運動滿足牛頓運動定律。	光是一種波動現象。
共同	可解釋光的直進、反射、折射(結論不同)。	
分岐	折射	光在介質中的速率比空氣中快。
	干涉	無法解釋干涉現象
	繞射	無法解釋繞射現象
結論	微粒說錯誤。	大家接受光是一種波動。

(九)電磁波

馬克士威	<ol style="list-style-type: none"> 1.集電磁學之大成。 2.以理論計算，預測有電磁波的存在，且電磁波的速率是光速。 3.預言光是一種電磁波。
赫茲	<ol style="list-style-type: none"> 4.以震盪電路實驗發射電磁波，並接收電磁波。 5.證實電磁波的存在。
圖示	
波譜	
性質	<ol style="list-style-type: none"> 1.電磁波在真空中的速率為 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$。 2.電磁波是藉電場和磁場振盪才能傳播能量。 3.電磁場的振盪方向與電磁波能量的傳遞方向垂直，因此電磁波為橫波。 4.可見光： <ol style="list-style-type: none"> 甲、為電磁波的一小部分。 乙、紅光波長大，紫光頻率大。 丙、各色光在介質中速率不同，但在真空中速率皆相同。 丁、紅光在介質中速率較紫光快，因此形成色散。 5.無線電波：用於通訊、倒車雷達廣播、電視、無線電話。 6.紅外線： <ol style="list-style-type: none"> 甲、又稱為熱射線，醫療上常用來治療痠痛。 乙、耳溫槍、家用遙控器、夜視鏡。 7.紫外線：又稱為化學射線，常用於殺菌消毒。 8. γ 射線：有極高的穿透力，常用於醫學治療、基因突變。

第六章 波動

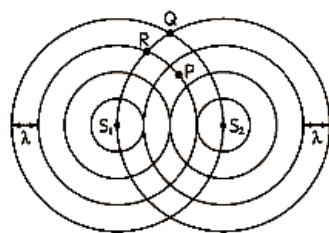


一、試題精華：

- ___ 1. 噪音常令人不悅，若無法改變環境噪音，可戴上抗噪耳機來消除或降低周遭令人不快之聲音。其原理為產生與噪音相位相反之聲音來達成抗噪的目的。由此可知該種耳機是利用波的何種特性來設計？
(A)干涉 (B)繞射 (C)散射 (D)反射 (E)折射。
- ___ 2. 一金屬硬幣放置於碗底中央，霖霖從斜上方的視線無法看見硬幣。逐漸在碗中加水，若觀察位置不變，慢慢可看見硬幣，如右圖，試問該現象之原因為何？
(A)人眼睛之光線由空氣射入水中折射至硬幣，故可漸漸看見硬幣 (B)人眼睛之光線由空氣射入水中繞射至硬幣，故可漸漸看見硬幣 (C)硬幣的光線由水中射出空氣折射至人的眼睛，故可漸漸看見硬幣 (D)硬幣的光線由水中射出空氣反射至人的眼睛，故可漸漸看見硬幣 (E)硬幣因水的浮力而浮出，故可漸漸看見硬幣。
- ___ 3. 聲波的傳遞性質與介質的狀態有密切關係，當氣溫逐漸降低時，在空氣中傳播的聲波，下列何種性質發生變化？
(A)波速逐漸增加 (B)振幅逐漸變大 (C)頻率逐漸降低 (D)波長逐漸變短 (E)週期逐漸變小。
- ___ 4. 將光碟片表面經白光照射，可見到七彩繽紛的彩色圖紋，有關此物理現象的性質，下列各項何者為正確的敘述？
(A)若將氦氖雷射光照射光碟片表面，也可以觀察到繽紛的彩色圖紋 (B)此種現象類似三稜鏡之分光效果，兩者均屬於折射的現象 (C)此現象作為牛頓提出之光的「粒子說」的有力證據 (D)此現象主要為波的繞射現象產生之效果 (E)雨過天青後的彩虹成像原理與此現象之原理不相同。
- ___ 5. 凱凱在上學途中遇到交通事故現場，救護車與他擦身而過，他發現救護車在行駛的過程中所發出的鳴笛聲有音調高低起伏的變化，他記得這是學過的都卜勒效應之現象。請問有關此事件過程的敘述，下列何者正確？
(A)決定聲音音調高低的物理量是波速 (B)救護車在接近凱凱的過程中，他所聽到的鳴笛聲音調會升高，這是因為他聽到聲波的波長變大 (C)救護車在接近凱凱的過程中，他所聽到的鳴笛聲音調沒有變化但音量會變大 (D)救護車在遠離凱凱的過程中，他所聽到的鳴笛聲音調降低，是因為他聽到聲波的波長變長 (E)由都卜勒效應可知，只要聲源有速度，聽者所聽到的音調就一定會有變化。
- ___ 6. 醫學用超音波在軟組織中的傳播速率約為 1600 m/s ，較高頻率者可以提供更清楚的影像但卻穿不透較深入的器官，請問用來拍攝胎兒影像的 8.0 MHz 超音波的波長約為若干？
(A) 0.02 mm (B) 0.2 mm (C) 2 mm (D) 0.05 mm (E) 0.5 mm 。
- ___ 7. 婷婷早上因晚起，匆匆地以等速度追趕前方的公車上學，還沒追上公車，卻發現公車由靜止發動，婷婷眼睜睜地看著公車揚長離去，則婷婷接收到來自公車頻率 f 的發聲器所發出來的聲音，其頻率變化情形，下列何者最接近實際情況？
(A)頻率高於 f (B)頻率低於 f (C)頻率先高於 f ，再低於 f (D)頻率先低於 f ，再高於 f (E)頻率皆維持不變。

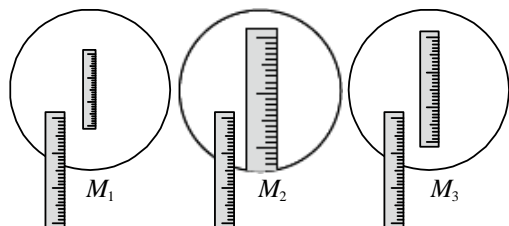
第六章 波動

8. 兩波源到觀察點的距離差，稱為波程差。兩相同波長、頻率、振幅的週期波發生干涉現象時，某觀察點的波程差為零或波長(λ)的整數倍，則為相長干涉；若為半波長的奇數倍，則為相消干涉。如右圖為兩波源 S_1 、 S_2 所發出水波產生干涉的波前示意圖(每一個圓均代表水波的波峰連線)， P 、 Q 、 R 為觀察點，則下列敘述何者正確？



- (A) P 、 Q 、 R 處均為相長干涉 (B) $|\overline{PS_1} - \overline{PS_2}| = \lambda$ ，所以 R 處的振幅為零 (C) 若 P 處為相消干涉，則 $\overline{PS_2} = 2.5\lambda$ (D) $\overline{S_1S_2} = 3\lambda$ (E) P 、 Q 、 R 處中，只有 Q 處為相長干涉。

9. 將三支相同的透明尺分別放在三面鏡 M_1 、 M_2 和 M_3 的前面，若尺與鏡間的距離相同，實際尺的像如下圖，則三面鏡可能是哪種鏡？



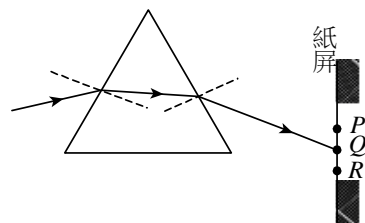
選項	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
M_1	凹面鏡	凸面鏡	凹面鏡	凸面鏡	平面鏡
M_2	凸面鏡	凹面鏡	平面鏡	凹面鏡	凹面鏡
M_3	平面鏡	凹面鏡	凸面鏡	平面鏡	凸面鏡

10. 光學發展的過程中，牛頓主張光是細小的微粒，同時期的荷蘭科學家惠更斯則主張光是一種波動。有關惠更斯『波動說』的主張，下列何者不正確？

- (A) 光波可以沿直線前進 (B) 光波遇到介面時，會發生反射及折射 (C) 可以解釋部分反射部分折射的性質 (D) 17 世紀時，惠更斯『波動說』的支持者比牛頓『微粒說』的支持者多 (E) 1801 年的楊格雙狹縫干涉實驗，為支持『波動說』的有力證據。

11. 以鈉光(黃光)射向三稜鏡，經稜鏡折射後落於紙屏上 Q 點，入射角不變的情形下，則下列何者正確？

- (A) 紅光可落於 R 點 (B) 藍光可落於 P 點 (C) 橙光可落於 R 點 (D) 紫光可落於 R 點 (E) 因入射角不變，所以不論任何色光，皆落於 Q 點。



12. 音叉所產生週期性的聲波由空氣中垂直傳入石壁中時，聲波的
(A) 波長變短 (B) 頻率變大 (C) 波速變快 (D) 週期變大 (E) 方向壁發生偏折。

13. 有一波源在靜止不動時，其波長為 λ_0 ；當波源向東移動時，在波源東方，靜止的觀察者，觀察到的波長為 λ_1 ，在波源西方，靜止的觀察者，觀察到的波長為 λ_2 。下列何者正確？

- (A) $\lambda_0 = \lambda_1 = \lambda_2$ (B) $\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2$ (C) $\lambda_1 < \lambda_0 < \lambda_2$ (D) $\lambda_2 < \lambda_0 < \lambda_1$ (E) $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_0$ 。

14. (甲)微波；(乙)調頻無線電波；(丙)X 射線；(丁)綠光；(戊)紫外線。

將頻率由高至低排列，何者正確？

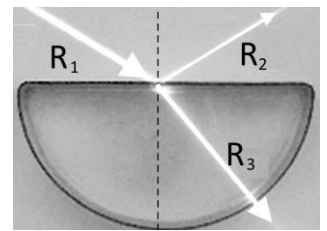
- (A) 丙乙戊甲丁 (B) 乙丙戊丁甲 (C) 丙戊丁甲乙 (D) 戊丙甲丁乙 (E) 丙甲戊丁乙。

15. 小狗最高約可聽到 50000 赫的聲波，小貓最高約可聽到 70000 赫的聲波，而蝙蝠發出的聲波頻率約可達 120000 赫。已知某日氣溫為 15°C ，下列敘述何者錯誤？

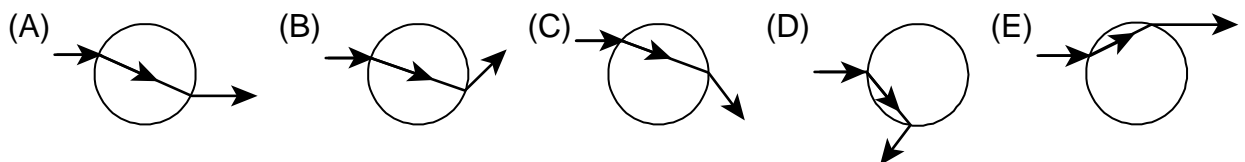
- (A) 小貓和小狗可聽到人耳所不能聽到的超音波 (B) 小貓和小狗可聽到蝙蝠所發出的超音波 (C) 聲速為 340 公尺/秒 (D) 小貓和小狗可聽到波長 1 公分的聲波 (E) 超音波波長小於 1.7 公分。

第六章 波動

- ___ 16. 已知空氣中的光速 $c=3.0\times 10^8$ 公尺/秒。若某一 3G 手機採用通訊頻率 2.5×10^9 赫，則此手機發出的電磁波，在空氣中的波長約為多少公尺？
 (A)0.24 (B)0.024 (C)0.012 (D)0.12 (E)1.2 公尺。
- ___ 17. 救難隊欲發射拋繩器，以繩索連接河谷兩岸。一名隊員連續拍手，估計對岸峭壁距離。他愈拍愈快，當 5 秒拍手 15 次時，拍手節奏與回音同步。已知空氣中聲速為 336 公尺/秒，則該隊員與河谷對岸峭壁的最短距離約為多少公尺？
 (A)80 (B)72 (C)64 (D)56 (E)48 公尺。
- ___ 18. 鉛直豎立一面積為 4 平方公尺方形平面鏡，使與一屏幕對立且相距 3 公尺，若一點光源置於面鏡之中心軸線上，與面鏡相距 1 公尺，則屏幕上被反射光照亮的面積為多少平方公尺？
 (A)4 (B)8 (C)12 (D)16 (E)64。
- ___ 19. 海上靜止的船隻，發出聲波以偵測魚群位置，經過 40 毫秒測得聲波的回聲訊號，且發現回聲的頻率漸高。若當時海中聲波速率為 1650 公尺/秒，則下列何者為該魚群在反射聲波時，其相對於船隻的距離與運動狀態？
 (A)相距 33 公尺，接近中 (B)相距 66 公尺，接近中 (C)相距 33 公尺，遠離中 (D)相距 66 公尺，遠離中 (E)相距 66 公尺，相對靜止。
- ___ 20. 右圖為光在空氣與玻璃界面發生反射與折射的圖形，根據此圖判斷下列敘述何者正確？
 (A) R_2 為入射光 (B) R_1 為折射光 (C) R_1 與 R_3 的頻率不相等
 (D) R_1 與 R_2 的波長不相等 (E)光由玻璃射向空氣。



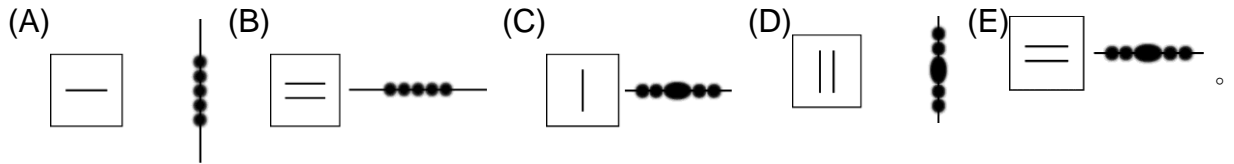
- ___ 21. 一靜止聲源發出頻率 10^4 赫的聲波。今有靜止甲、乙二人，各位於聲源之東邊與西邊，且風從聲源東邊吹向西邊，則甲、乙兩者所聽到頻率符合下列哪種關係？
 (A) $f_{甲} > 10^4$ 赫， $f_{乙} < 10^4$ 赫 (B) $f_{甲} < 10^4$ 赫， $f_{乙} > 10^4$ 赫 (C) $f_{甲} = f_{乙} = 10^4$ 赫
 (D) $f_{甲} = 10^4$ 赫， $f_{乙} > 10^4$ 赫 (E) $f_{甲} < 10^4$ 赫， $f_{乙} = 10^4$ 赫。
- ___ 22. 平靜的湖面上常可看到湖邊建築或樹木的美麗倒影，但在有浪的海面上卻只能看到海浪的起伏，而看不到岸邊物體的倒影，其原因為下列何者？
 (A)浪濤洶湧，容易造成色散 (B)海水中含有鹽分，造成折射 (C)海浪使海面不平坦，造成漫反射(漫射) (D)海水折射率大於純水的折射率，造成全反射 (E)海面遼闊無邊，容易使岸邊物體的影像全部透射入海中。
- ___ 23. 一束光空氣射向平板玻璃，當入射角逐漸增加時，反射角與折射角的變化情形為何？
 (A)反射角變大，折射角變小 (B)反射角變小，折射角變小 (C)反射角變小，折射角變大
 (D)反射角變大，折射角變大 (E)反射角變大，折射角不變。
- ___ 24. 一雷射發出的可見光，在空氣中由左向右通過一支實心玻璃圓柱，試問雷射光的可能軌跡為下列何者？



第六章 波動

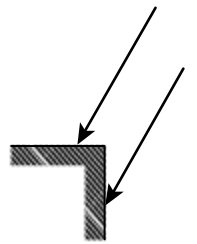
___25. 關於實物對單一面鏡的成像，下列敘述何者正確？
 (A)凸面鏡所成的像皆為正立縮小虛像 (B)凹面鏡成實像時，像比原物體大 (C)凸面鏡所成的像皆為倒立放大實像 (D)凹面鏡成虛像時，像比原物體小 (E)凸面鏡可將平行入射的光線會聚在焦點上。

___26. 下列哪一組光源通過狹縫後，產生的干涉或繞射圖形是正確的？



___27. 直線水波由深水區傳向淺水區中，若深水區水波波長為 λ_1 ，頻率為 f_1 ，淺水區波長 λ_2 ，頻率為 f_2 ，則下列關係何者正確？
 (A) $\lambda_1 = \lambda_2, f_1 = f_2$ (B) $\lambda_1 < \lambda_2, f_1 = f_2$ (C) $\lambda_1 < \lambda_2, f_1 < f_2$
 (D) $\lambda_1 = \lambda_2, f_1 > f_2$ (E) $\lambda_1 > \lambda_2, f_1 = f_2$ 。

___28. 如圖，兩平行光線同時照射到互成直角的兩反射面鏡，則此兩道反射光的夾角為何？
 (A) 0° (B) 60° (C) 90° (D) 150° (E) 180° 。



___29. 岸上教練對潛入水中的學生大聲下達指令，在聲波由空氣傳入水中的過程中，下列有關聲波性質的敘述，何者正確？
 (A)聲波的強度在水中較空氣中強 (B)聲波的頻率在水中與空氣中相同 (C)聲波的速率在水中較空氣中小 (D)聲波的波長在水中與空氣中相同 (E)聲波前進的方向在水中與空氣中相同。

___30. 有一移動的聲源以等速度向一個聲音的反射面靠近。當聲源發出頻率為 f_0 的聲音時，反射面接收到的聲音頻率為 f_1 ，反射出去的聲音頻率為 f_2 ，則三種聲音頻率關係為（註：聲源移動速度小於音速）
 (A) $f_0 > f_1 > f_2$ (B) $f_0 > f_1 = f_2$ (C) $f_0 < f_1 = f_2$ (D) $f_0 = f_1 > f_2$ (E) $f_0 < f_1 < f_2$ 。

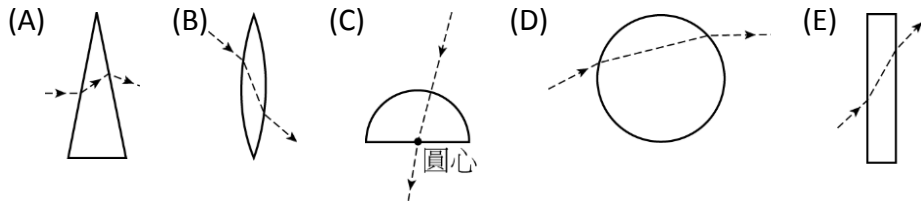
___31. 假設某地區發生地震時，P 波的傳遞速度為 6 公里/秒，S 波的傳遞速度為 4 公里/秒，則當該地區發生地震時，這兩種地震波到達甲測站的時間差為 20 秒，到達乙測站的時間差為 50 秒，如果甲測站在上午 9：25：30 (9 點 25 分 30 秒) 測到初達 P 波，則乙測站應在何時測到初達 P 波？
 (A)9：26：10 (B)9：26：20 (C)9：26：30 (D)9：26：40 (E)9：26：50。

___32. 人能聽到牆外的聲音，而不能看到牆外的燈光，是因為
 (A)光波是電磁波，碰到牆壁即被吸收，而聲波不是電磁波，故不為牆壁吸收 (B)聲波的能量大於光波，故有部分透過牆壁 (C)光波的波長小於聲波的波長 (D)光波是橫波，聲波是縱波 (E)聲波能以空氣為介質，而人生活於大氣中。

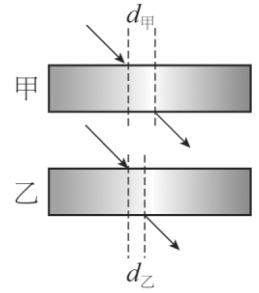
___33. 一光線從水中入射到水與空氣的界面上。已知此光線由水中進入空氣的臨界角為 48.5° ，下列敘述何者正確？
 (A)如果入射角大於 48.5° ，光線不會全部反射回水中 (B)如果入射角大於 48.5° ，光線不會折射進入空氣中 (C)如果入射角大於 48.5° ，光線會部分折射進入空氣中 (D)如果入射角小於 48.5° ，光線會全部反射回水中 (E)如果入射角小於 48.5° ，光線會全部折射進入空氣中。

第六章 波動

34. 一雷射發出的可見光，在空氣中通過以下玻璃物品（依序為三稜鏡、凸透鏡、半圓透鏡、玻璃圓球、方形玻璃磚），試問雷射光的可能軌跡（圖中虛線）為下列何者？



35. 一束雷射光從空氣中以同樣的角度，斜向入射兩個厚度相同，但材質不同的玻璃板，甲和乙，測得入射光點和射出光點之間間距 d ，如圖所示。結果顯示 $d_{甲} > d_{乙}$ ，據此判斷下列何者正確？



(A) 甲的光速和波長皆較大 (B) 乙的光速和波長皆較大 (C) 甲和乙的波長和光速皆相等 (D) 甲的波長較大，但其光速較小 (E) 乙的波長較大，但其光速較小。

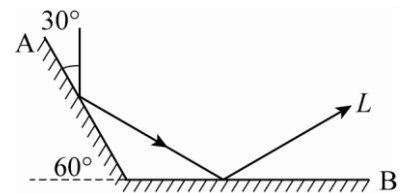
36. 在水波槽實驗中，下列關於波折射的現象何者正確？

(A) 可利用玻璃板將水槽分為淺水區及深水區，淺水區波速較大 (B) 水槽下紙屏上所呈現之波長，即為水波真正之波長 (C) 波由深水區進入淺水區時，入射角等於折射角 (D) 波由深水區進入淺水區時，頻率變小 (E) 起波器的頻率即水波的頻率。

37. 分別以紅光、綠光與藍光三種不同單色光，在相同裝置下作雙狹縫干涉實驗，則各色光所產生的亮紋間距關係為何？

(A) 紅光=綠光=藍光 (B) 紅光 > 藍光 > 綠光 (C) 紅光 > 綠光 > 藍光 (D) 紅光 < 綠光 < 藍光 (E) 只有紅光會產生干涉條紋。

38. 兩平面鏡 A 與 B 之間夾角為 120° ，一入射光經 A 反射後再經 B 反射，如圖所示。最後反射線 L 與平面鏡 B 夾角為何？



(A) 30° (B) 37° (C) 45° (D) 60° (E) 75° 。

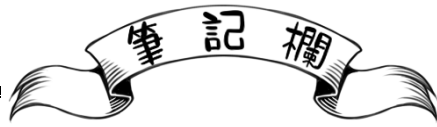
39. 下列關於都卜勒效應的敘述何者錯誤？

(A) 聲源朝向靜止的聽者靠近時，聽者觀測到的波長變小 (B) 聲源遠離聽者時，聽者在相同時間內所接收的波數減少 (C) 聲源朝向靜止的聽者靠近時，聽者觀測到的波速變大 (D) 聽者遠離靜止的聲源時，聽者在相同時間內所接收的波數減少 (E) 聽者與聲源相互接近時，聽者感受的頻率變大。

40. 在水波槽實驗中，直線波反射時的現象，何者正確？

(A) 入射波頻率等於反射波頻率 (B) 入射波波長大於反射波波長 (C) 入射波波速小於反射波波速 (D) 入射波振幅小於反射波振幅 (E) 入射角大於反射角。

1.(A)	2.(C)	3.(D)	4.(E)	5.(D)	6.(B)	7.(C)	8.(C)	9.(D)	10.(D)
11.(D)	12.(C)	13.(C)	14.(C)	15.(B)	16.(D)	17.(D)	18.(E)	19.(A)	20.(D)
21.(C)	22.(C)	23.(D)	24.(C)	25.(A)	26.(C)	27.(E)	28.(E)	29.(B)	30.(E)
31.(C)	32.(C)	33.(B)	34.(D)	35.(A)	36.(E)	37.(C)	38.(A)	39.(C)	40.(A)



A large, empty rectangular box with a thick black border, intended for taking notes.