

113 學年度 新北市自然輔導團 專輔公開授課教案設計

領域/科目		自然科學/理化、 STEAM 校訂彈性	設計者	陳學淵
日 期		12 月 17 日	節 次	第 3 節
實施年級		8 年級	總節數	共 6 節，270 分鐘
單元名稱		探究實作－波的傳遞速率		
設 計 依 據				
學習重點	學習表現	pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在 教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、 資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的 探究活動。	核心素養	自-J-A3 具備從日常生活經驗中找出問題，並能根據問題特性、資源等因素，善用生活週遭的物品、器材儀器、科技設備及資源，規劃自然科學探究活動。
		pa-IV-2 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核		自-J-B1 能分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法，整理自然科學資訊或數據，並利 用口語、影像、文字與圖案、繪圖或 實物、科學名詞、數學公式、模型等，表達探究之過程、發現與成果、價值和限制等。
	學習內容	pc-IV-1 能理解同學的探究過程和結果，提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案		
		Ka-IV-3 介質的種類、狀態、密度及溫度等因素會影響聲音傳播的速率。		
議題融入	實質內涵	無		
	所融入之學習重點	無		
與其他領域/科目的連結		藝術領域 / 音樂		
教材來源		自然科學領域教科書 第三冊第三章 波動與聲音		

教學設備/資源	1. 理化實驗室或網路暢通且有大桌的教室 2. 各類型彈簧 3. 碼表、平板等計時錄影工具
學 習 目 標	
1. 藉由對話討論定義如何測量彈簧波的傳遞速度，透過分析、辨別相關的操縱與控制變因進行實驗設計。 2. 在操作實驗中察覺變因設計不完整之處，能調整、修正實驗設計，使控制變因或是操縱變因更合乎科學探究。 3. 完成實驗結果紀錄，提出趨勢分析以及實驗結論。 4. 聆聽其他小組的實驗報告，提出合理而且具有根據的疑問或意見。	

課程脈絡與節數規劃對應表

第一節		第二節	第三節 (觀課)	第四節	第五節 (觀課)	第六節
階段 1 引入聲音傳遞速度測量情境，延伸探究測量彈簧波的傳遞速度	階段 2 引導學生思考可能的變因，並進行實驗設計	階段 3 (P.6) 執行實作與修正實驗	階段 4 進行實驗數據分析，提出實驗結論	階段 5 引導學生進行分享報告與提問回饋並進行統整		

教 學 活 動 設 計		
教學活動內容及實施方式	時 間	備 註
<p>階段 1 引入聲音傳遞速度測量的學術情境，延伸探究如何測量彈簧波的傳遞速度</p> <p>活動：觀察 Discover Science 大科學實驗 EP01 聲音的速度 https://www.youtube.com/watch?v=Ei48wzbky7g&list=PLkbA1T4KceT6kTXvkl-y4Wyx0CeMQzqKZ&index=2 (0' 00~0' 35)</p> <p>引導提問 1-1：「我們怎麼知道聲波的傳遞速度有多快呢？」(團體) 引導學生提出比較質樸的想法或是參考課本內的公式(若學生從沒有想法，可以提問學生聲音是一種波動，教科書裡面是否有些線索呢?) 學生可能回應： (1) 測時間 (追問:測量什麼時間) (2) 喊一聲看對方多久聽得到 (3) 波速=頻率 X 波長 (4) 波速=距離 / 時間 (5) 340 m/s</p> <p>活動：觀察 Discover Science 大科學實驗 EP01 聲音的速度 https://www.youtube.com/watch?v=Ei48wzbky7g&list=PLkbA1T4KceT6kTXvkl-y4Wyx0CeMQzqKZ&index=2 (0' 44~0' 55)</p> <p>引導提問 1-2：「如何具體地測量聲波的傳遞速度呢？」(團體) 從 1-1 提問討論中，讓學生思考課本內的公式”波速=頻率 X 波長”，我們要如何測量頻率與波長？ 引導學生發現，有限的設備狀況下，頻率與波長的測量難度可能比較困難。接著引導學生提出更基本的概念，利用”速率=距離/時間”，來測量聲波的傳遞速度。 透過影片中的實驗設計(要怎樣讓聲音的傳遞過程看得見，而且可以測量呢?)，提醒學生在實驗中的應變變因設計，要如何具體且對應到實驗目的。</p> <div data-bbox="169 1653 517 1843" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="545 1653 898 1843" data-label="Image"> </div> <p>活動：觀察 Discover Science 大科學實驗 EP01 聲音的速度 https://www.youtube.com/watch?v=Ei48wzbky7g&list=PLkbA1T4KceT6kTXvkl-y4Wyx0CeMQzqKZ&index=2 (4' 09~5' 34)</p>	35 分	<p>學習表現 pe-IV-1 能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的探究活動。</p>

引導提問 1-3：「觀察影片中的實驗，還可以再進一步規劃、探討什麼問題呢？」（團體）

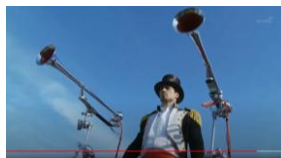
如果學生回答比較困難，可以提示引導學生注意到溫度、風速、不同條件的聲音（音高、頻率…）



引導提問 1-4：「不同的聲音，傳遞的速度是否一樣呢？」（團體）

可先讓學生先進行預測（不同音高、響度的不同樂器在空氣中傳遞的速率快慢），同時可以評量學生在相關概念的學習狀況。若發現學生可能無法連結對應相關概念，可進一步引導學生確認，高低聲對應頻率，超大聲的喇叭對應到震幅。

再歸納提問下一個提問，「真正的問題是什麼？」--->頻率與震幅不同是否會影響聲速。



引導提問 1-5：「從上面的研究問題，歸納一下，真正的問題是什麼？」

引導學生歸納實驗中真正要研究的問題是「頻率與震幅不同是否會影響聲速」。

引導提問 1-6 但是聲波傳遞速度這麼快，我們又只能在學校有限的環境中，我們可以利用什麼別的類似的器材來產生波，可以控制、操作波動的特性（頻率、振幅等等）來進行研究呢？」（團體）

引導學生提出利用「彈簧」來探究不同頻率、振幅……對於彈簧波傳遞速率是否會有影響。

學生如果無法連結，可以提醒學生聲音的本質是波動，還有什麼器材，也可以產生波，具有波的性質

階段 2 引導學生思考可能的變因，並進行實驗設計

活動：觀察不同彈簧與不同變因的彈簧波傳遞

教師與一位學生使用兩個不同彈簧，拉長至不同距離，以及不同頻率、振幅的甩動方式來進行示範的實驗，引導學生思考思考可能有哪些變因，並進行實驗設計。

40 分

學習表現

pe-IV-1

能辨明多個自變項、應變項並計劃適當次數的測試、預測

引導提問 2-1:「如果我們這樣來進行實驗，有沒有什麼不太合理的地方」(集合)

透過學生的回答，同時確認學生對於波的性質是否理解(如：振幅、頻率、橫波、縱波)

2-1. 學生可能回應：

- (1) 彈簧不同 (追問:彈簧的什麼特質不同)
- (2) 甩彈簧的力氣不同 (追問:造成波的什麼性質不同)
- (3) 不同人操作

歸納提問 2-2 :「這樣看來，你們認為，那些變因可能會影響彈簧波的傳遞速率呢？」(小組、彈簧、學習單)

透過 2-1 的引導，讓學生進行小組討論，提出有哪些變因可能會影響彈簧波的傳遞速率。如果部分組別學生卡住，可以協助提醒回想剛剛示範的過程，從彈簧以及如何甩動彈簧等幾個面向來思考。

小組討論後，讓各組學生進行簡單的說明(一組先說一項)，學生可能會用比較質樸的語言回答，視學生回答的狀況，追問連結比較明確的性質與變因 “各組請分享一下你們想到的影響因素”

<<教師可以技巧性指派討論內容較少的組別先分享，再開放讓討論內容較多的組別補充>>

2-2. 學生可能回應：

- (1) 彈簧本身的性質 (彈簧的長度、鬆緊、材質、質量…)
- (2) 甩動彈簧的狀況

力量—追問引導對應 “ 振幅”、

快慢—追問引導對應 “ 頻率”、

方向—追問引導對應 “ 橫波與縱波”

角度—相對特別，可引導嘗試水平、垂直等角度

- (3) 環境因素 (溫度、濕度…，教師可以進一步追問，可能反映出學生將聲波的傳遞介質影響與彈簧波產生連結)

引導提問 2-3:「如果我們設計一個實驗是這樣安排，那麼這個實驗設計假設是什麼呢？你預測可能的結果是什麼？」(團體)

教師可示範其中一種變因，例如拉動彈簧調整長度(對應鬆緊程度)，讓學生嘗試判斷操縱變因是什麼，並藉此提醒其他控制變因要特別留意如何控制。

接著就可以提問學生這個實驗設計假設是什麼，你預測可能的結果是什麼？

活動的可能結果。在教師或教科書的指導或說明下，能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源(例如：設備、時間)等因素，規劃具有可信度(例如：多次測量等)的探究活動。

● 評量：口頭提問與學習單

(問題 2-2)

對象：小組討論回應標準 (正式評分)

評量規準

優異

能回答出至少三個合乎科學探究的變因(如學生可能的回應所列)

達成

能回答出2個合乎科學探究的原因

待加強

無回答或無法回答出合乎科學探究的原因(如：操作者的心情)

● 評量：口頭提問與學習單

(問題 2-4)

對象：小組討論回應標準 (正式評分)

評量規準

優異

實驗設計能合理設計操縱變因，並確保控制變因大致相同

<p>歸納提問 2-4：「經過剛剛的討論，請各組選擇一項操縱變因，並開始進行實驗設計（每組儘量不重複，每種變因至多兩組）並寫出你們預測可能的結果是什麼？」（小組）</p> <p>教師巡視各組，較落後組別，可提供引導。可提問引導學生，如何調整操縱變因，以及其他控制變因要如何如何控制。</p> <p>視時間與學生狀況，另可考慮世界咖啡館模式，讓各組之間進行相互分享與參考</p>		<p>達成</p> <p>實驗設計中，控制變因的設計有部分小瑕疵，但尚能確保操縱變因的合理性</p> <p>待加強</p> <p>同時有兩個操縱變因，或是無法判斷操縱變因</p>
<p>階段 3 執行實作與修正實驗</p> <p>活動：依各組設計之實驗進行實作</p> <p>引導學生完成初步的設計後，通過老師檢核通過的小組，可以開始進行實驗。提醒學生分工合作進行實驗、記錄實驗數據。<<實驗設計有許多細節可能不易處理，教師在檢核時，若有發現設計有小瑕疵，可視情況讓學生通過，但提醒學生過程中仔細在思考如何控制得更好>></p> <p>歸納提問 3-1：「我們要如何具體地測量”彈簧波”的傳遞速度呢？」（小組、彈簧、集合）</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 引導學生提出更基本的概念，速率=距離/時間。同時一圈一圈的彈簧也可以類比成影片實驗中的每一個人。 2. 透過實作演示，讓學生發現波速很快，單次傳遞的時間很短，測量上可能有比較大的誤差。 <p>學生可能回應：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 用磁磚測量距離 (2) 用尺測量距離 (3) 用碼表測量時間 (4) 跑太快了，來回多跑幾次比較來得及測時間 (5) 用手機、平板錄影下來 <p>學生如果提出要用課本內的公式”波速=頻率 X 波長”，可以進一步追問：「我們要如何測量頻率與波長？」</p> <p>引導學生發現，有限的設備狀況下，波長的測量難度可能比較困難。</p> <p>但是，如果部分組別的學生真的能提出比較完整的作法例如：利用攝影以及捲尺(或是地上的磁磚當作尺)，還是可以讓部分組別嘗試看看。</p> <p>最後，統整較完整的作法，讓學生透過尺或是地磚測量距離；測量彈簧波來回傳遞 2 次或是 3 次的時間(錄影或計時)，作為實驗測量的方式（<u>即定義應變變因的測量方式</u>）</p>	<p>80 分</p>	<p>學習表現</p> <p>pe-IV-1</p> <p>能了解探究的計畫，並進而能根據問題特性、資源（例如：設備、時間）等因素，規劃具有可信度（例如：多次測量等）的探究活動。</p> <p>● 評量：口頭提問（問題 3-1）</p> <p>對象：部分學生</p> <p>標準（非正式不評分）</p> <p>引導讓學生透過尺或是地磚測量距離；測量彈簧波來回傳遞的時間，作為實驗測量的方式（即為應變變因的測量方式）</p> <p>● 評量：口頭提問與學習單（問題 3-2）</p> <p>對象：小組討論回應</p> <p>標準（正式評分）</p> <p>評量標準</p> <p>優異</p> <p>能調整修正實驗設計，使控制變因或是</p>

<p>引導提問 3-2：「每組的實驗設計可能都不同，在開始實作後，請討論一下自己的實驗設計有沒有哪些地方應該調整呢？」</p> <p>請在第一頁的實驗設計中修改(請用紅筆修正)」</p> <p>教師巡視各組，較落後組別，可提供引導。。尤其是選擇操縱變因為”頻率”的實驗，操作的技巧上比較需要教師的示範與引導。</p> <p>第一次實驗操作後，可能發現設計有小瑕疵，若學生沒有察覺，可以提問引導學生反思，操縱變因以及其他控制變因是否有處理好，如何控制得更好。</p> <p>進度比較快的小組，教師也可以再引導提醒思考實驗的誤差來源</p>		<p>操縱變因更合乎科學探究。</p> <p>達成</p> <p>調整修正實驗設計，但控制變因可能上有小瑕疵，但能確保操縱變因的合理性</p> <p>待加強</p> <p>無修正實驗室設計，或是調整修正實驗設計後仍無法明辨操縱變因，或操縱變因</p>
<p>階段 4 進行實驗數據分析，提出實驗結論</p> <p>引導提問 4-1：「從實驗的數據來分析，發現那些現象？」</p> <p>教師巡視各組，較落後組別，可提供引導。</p> <p>學生常見的錯誤會發生在距離單位的處理，以及來回幾次總距離的誤判(可能會只記錄了彈簧的長度，忘了乘以來回的次數)。</p> <p>歸納提問 4-2：「根據實驗結果，你們的結論是什麼呢？」</p> <p>教師巡視各組，較落後組別，可提供引導。</p> <p>如果學生無法完整描述，可以提示句引導學生</p> <p>例如：我們發現“在相同的_____時，_____與彈簧波的傳遞速率”呈現_____的關係)</p>	<p>25 分</p>	<p>學習表現</p> <p>pa-IV-2</p> <p>能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從資訊或數據，形成解釋、發現新知、獲知因果關係、解決問題或是發現新的問題。並能將自己的探究結果和同學的結果或其他相關的資訊比較對照，相互檢核</p> <p>● 評量：口頭提問與學習單</p> <p>(問題 4-1、4-2)</p> <p>對象：小組討論回應標準(正式評分)</p> <p>評量規準</p> <p>優異</p> <p>實驗數據完整清晰，且能提出趨勢分析以及完整的實驗結論</p> <p>達成</p>

		<p>實驗數據完整，但研判趨勢分析或是實驗結論較不清楚</p> <p>待加強</p> <p>無法提出分析與實驗結論，或是分析結論與實驗數據不相符</p>
<p>階段 5 引導學生進行分享報告與提問回饋並進行統整</p> <p>引導提問 5-1：「由於各組的實驗設計都不同，我們可以透過小組之間的分享來互相學習。接下來請各組自行協調、分工進行報告與實驗操作示範。其他小組請給予提問與回饋」</p> <p>教師可透過簡報說明引導學生理解為什麼要分享與回饋，並理解探究歷程的報告與回饋建議應著重那些重點(便於學生理解，簡單歸納成以下 4 項指標)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 探究主題與實驗設計是否吻合 2. 實驗設計(操縱與控制變因)是否完整 3. 實驗結果分析與結論是否相符 4. 實驗改進與器材建議是否合理 <div data-bbox="172 1137 624 1776"> </div>	<p>90 分</p>	<p>學習表現</p> <p>pc-IV-1</p> <p>能理解同學的探究過程和結果，提出合理而且具有根據的疑問或意見。並能對問題、探究方法、證據及發現，彼此間的符應情形，進行檢核並提出可能的改善方案</p> <p>● 評量：口頭提問與學習單 (問題 5-1)</p> <p>對象：小組討論回應與表單互評</p> <p>標準（正式評分）</p> <p>評量規準</p> <p>優異</p> <p>4項評量指標平均能達到3分以上，且能針對其他小組實驗，能提出合理而且具有根據的疑問或意見。</p> <p>達成</p> <p>4項指標平均達到2~3分，或是能提出疑問與意見，但比較無法明確針對控制變因、操縱變因之間的建議。</p>



提醒學生報告的內容應包含以下：

- 實驗設計
- 實驗結果分析、結論
- 實驗設計需改進之處

並記錄下其他小組的回饋意見

另外，教師也可以進行指定回饋，例如：各組至少要需對另外2~3組給予回饋，其中一組由教師指定(通常為上一組)。

<<此過程較考驗老師的引導經驗，若較無把握，擔心學生不知如何提問，可以視各組的內容將順序調整，讓提問討論過程由淺入深，例如：振幅、頻率、橫波與縱波的探討相對比較單純，可以先進行>>

引導提問 5-2：「彈簧波的傳遞時間差多少秒，可以判斷為差異很大呢？」

教師可以提問學生差 0.2 秒的話，應該如何判斷呢？

引導學生思考後提出上一堂課練習測量的經驗，以及競速時計時誤差的新聞，再次提問學生引導學生判斷自己的實驗數據時，留意可能的計時誤差，再進行實驗結果的分析並作出結論。另外，常見的判斷在於波速的判讀，若以 m/s 來表示，有可能會因為小數點而忽略的波速的差異(例如：1.8 m/s 與 1.1 m/s，其實差異將近 2 倍，但部分學生可能憑數字直覺判斷差異不大)。



待加強

4 項指標平均只達到 1~2 分，且無法提出合理或是有根據的疑問或意見。

Ka-IV-3

介質的種類、狀態、密度及溫度等因素會影響聲音傳播的速率。

實驗結果分析

●再看一次這樣的結果差異大嗎？

0.6秒 VS. 0.8秒

3.6秒 VS. 3.8秒



<http://img.youtube.com/vi/khYUy-XqRbw/0.jpg>

實驗結果分析

●再看一次這樣的結果差異大嗎？

1.4秒 VS. 1.8秒

300.4秒 VS. 300.8秒



<http://img.youtube.com/vi/khYUy-XqRbw/0.jpg>

歸納提問 5-3：綜合全班的結論，

(1)我們發現彈簧波的波速受那些因素會影響？

(2)這些因素有什麼共同點？

(3)如果延伸到第一堂對”聲波傳遞速度”的討論，你們覺得彈簧波的傳遞速率與聲波的傳遞速率有什麼共同點呢？

教師引導學生比較發現主要影響的因素為彈簧的性質（彈簧的長度、鬆緊、材質、質量…），與甩動彈簧的狀況較無關（如：振幅、頻率、橫波與縱波…）

教師可以進一步討論，可帶出聲波的傳遞介質與彈簧波的傳遞介質產生連結）

參考資料：（若有請列出）

附錄：學習單

班級:

組別:

座號:

- 我們怎麼知道聲波的傳遞速度有多快呢？How do we know how fast sound waves travel?

- 不同的聲音(影片中的鈸、女高音、喇吧)，傳遞的速度是否一樣呢?

Do different sounds (cymbal, soprano, laba in the film) transmit at the same speed?

- 我們推測可能會影響波速的因素

We speculate on factors that may affect wave speed

那些因素可能會影響彈簧波的傳遞速率呢？討論後記錄下全班想到的變因

- 動手設計：

一、我們的主題是：_____對於“彈簧波傳遞速率”的影響

Our topic is: The influence of _____ on the "spring wave transmission rate"

二、我們組研究選擇的“操縱變因”(Manipulation of variables) 是_____

三、實驗前假設是：_____越_____彈簧波傳遞速率會越_____

The hypothesis before the experiment is: The more ____, the greater the spring wave transmission rate will be_____

四、我們的實驗規劃是~ 開始實驗後都可以持續調整（請用紅筆）

變因 (Variables)	變因判斷 (Judgment of variables)	實驗組別 A	實驗組別 B	實驗組別 C
如:溫度	<u>操縱變因</u> / 控制變因	25 °C	50 °C	75 °C
	操縱變因 / 控制變因			
	操縱變因 / 控制變因			
	操縱變因 / 控制變因			
	操縱變因 / 控制變因			

實驗步驟：(要盡量把控制變因、操縱變因以及測量方式，寫清楚喔!)

圖示說明:

五、實驗紀錄(Record of experimental results)：

重點提醒~我們設計的操縱變因	實驗組別 A	實驗組別 B	實驗組別 C

實驗組別	操縱變因的規劃 manipulating variables	實驗次別	實驗數據記錄			
			波傳遞的總距離 (cm)	經過的時間 (秒)	波傳遞的速率 (cm /s)	波速平均 (cm /s)
A		A 組第 1 次				
		A 組第 2 次				
		A 組第 3 次				
B		B 組第 1 次				
		B 組第 2 次				
		B 組第 3 次				
C		C 組第 1 次				
		C 組第 2 次				
		C 組第 3 次				

六、實驗結果分析：從數據中整理出結論

Analysis of experimental results: Organizing conclusions from the data

我們的發現是：_____

七、實驗設計修正 Experimental design revision

(每組的實驗設計都不同，請討論一下要調整哪些實驗設計，或是希望建議器材設備要如何改進。流程步驟也可以在第 2 頁的實驗設計中修改，但請用紅筆修正)

八、上台報告與回饋 (Report and feedback on stage)

1.組內自行協調各組員負責報告的內容，輪流上台報告(所有組員都要參與)。

報告的內容應包含以下：

- a. 實驗設計
- b. 實驗結果分析、結論
- c. 實驗設計需改進之處

2.請記錄下其他組給我們的回饋意見

請寫下這幾堂波速實驗探究課程的收穫與心得(每個人請都寫一段)