

臺北市立永春高級中學

倪偵傑／國立玉里高級中學物理教師、教學組長

方美琪／臺北市立永春高級中學音樂教師

壹、前言

物理即是說明大自然間的規則與法則，但若物理學習與生活脫節時，便很容易被學習者視為是煩雜的數學推敲，甚至視為高深哲學難以理解，便而降低學習意願、動機，此現象對於物理教學推廣有著很大的傷害。面對此一困境，唯有重新回到物理之根本，亦即透過日常生活各現象為出發點，引起學生學習動機，並透過資訊軟體及科技儀器之教學輔助教具，以活化教學。

此外，為了能在科學知識探索當中加以蘊含藝術元素，故此次以音樂為主題融入物理教學，將物理之聲波用客觀量測，以分析主觀感受的音樂之美，由視覺的聲波圖切入瞭解聽覺悅耳的感受，以此，讓學生更加瞭解自己對聽覺美的感受與鑑賞能力。

最後，非常感謝臺師大物理系黃福坤教授以及音樂

系潘宇文教授的專業指導，本校王天才校長、謝汝鳳教務主任與其他夥伴的全力支持，讓這次的實驗課程能呈現學科專業的深度與廣度，並結合理性與感性的知識層面，讓跨領域的實驗課程展現了另一種不同的面貌。

貳、課程設計理念

一、設計理念

科學源自至於生活中的規則，經由科學家長時間的探討發展出來的知識，而能客觀地描述此知識的方式，則可透過數字的演算來加以描述，但現今學生在學習科學時，確因數學計算上的困惑而對此感到挫折。故本課程設計目標之一，則期待回歸科學的本質—「科學及生活經驗」，透過一系列科學活動與生活實例作結合，使學生從活動中探索科學知識。

此外，在筆者於永春高中任教的高一班級，在下學期課餘時大多忙於合唱比賽的練習，筆者觀察許多學生對於發聲的正確方式，以及對於音準的練習，常常會有困惑，為了加廣物理課程的內容，以及增加學生多方面的學習知識，所以在設計聲波的課程時，融入了音樂元素，並應用了科技（APP）與身體保健（聽力與聲帶）兩部分，使得學生於學習科學當中，又能學習對音樂鑑賞與創作的能力。

另外，針對 107 年新課綱的即將到來，新世代的跨領域教學一直是筆者想要嘗試的方向，剛好有機會可以跟本校音樂老師合作，一起開發屬於高中生的物理 & 音樂課程。

根據上述因素，所設計的教學理念與特色有：

- (一) 體現生活中的物理—設計體驗活動
- (二) 跨領域的學科結合—融入音樂要素
- (三) 多元的教學模式—講解操作討論
- (四) 科技始終來自人性—行動載具於教學的應用。

二、跨領域美感實驗課程實施模式

透過藝術學習以跨學科的形式結合不同學科，豐富並深化各學科主題的理解。

三、跨領域美感實驗課程應用策略

使用時機—包含引起動機、發展活動以及綜合活動三部分。

教學策略—包含網路資源之體驗學習教學、合作學習式教學以及協同教學三方面。

詳細課程架構請見表 1 與圖 1。

表 1 課程架構圖

| 物理之音（3 節課） | | |
|---|--|--|
| 科技應用 | 聲音的合成 | 聲音的變化 |
| 能操作簡易 APP 軟體，搭配以測量聲音之物理量。 | 由合唱與軟體的應用搭配，瞭解聲波合成的特性。 | 認識自己聽力，並由聲音變化與聯想物體之運動。 |
| 教學進度 | | |
| 1. 操作“Sound Meter”、“Spectrum Analyzer” App 軟體測量聲音響度與頻率。 2. 示波器簡介與應用。 3. 將 APP 軟體搭配示波器，講解聲音各物理量。 | 1. 兩人發聲透過示波器認識聲波干涉。 2. 分段錄製學生合唱。 3. 透過 Audacity 軟體欣賞錄音之單聲部、合聲及融入伴奏之歌聲。 | 1. 藉由聲音頻率聽力分析認識自己聽力。 2. 拋丟警報器觀察都普勒效應。 3. 透過影片片段，認識視覺與聽覺關係。 |
| 教學策略 | | |
| 1. 資訊媒體及科學儀器融入教學。 2. 實際操作。 3. 客觀探索與分析。 | 1. 科學儀器融入教學。 2. 實際操作。 3. 小組合作學習與討論。 | 1. 科學儀器融入教學。 2. 實際操作。 |

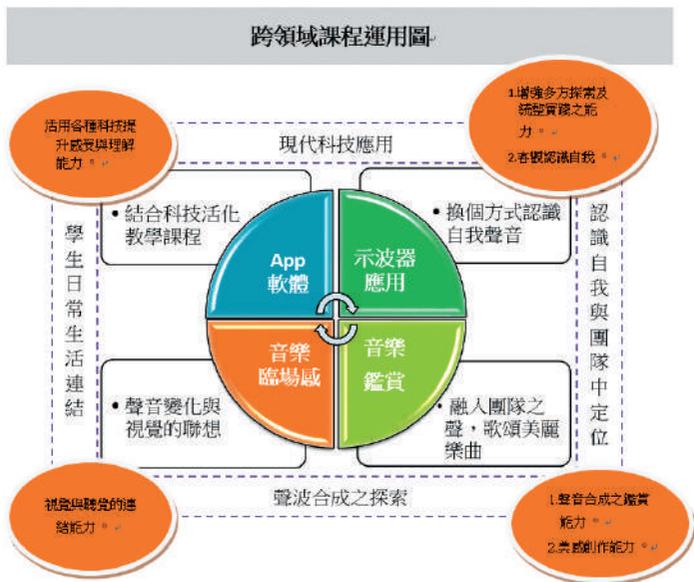


圖 1 跨領域課程運用圖

參、課程實施歷程

一、增能工作坊

此次實驗課程工作坊設計分為兩部分—第一部分是邀請師大潘宇文教授為我們加強聲學的專門知識（圖 2）；第二部分則是邀請學校科內自然科的教師群在旁教學觀察實驗課程的教學後，進行討論及分享（圖 3-4）。



圖 2 潘教授生動的演講



圖 3 校內自然科教師於課間觀課（一）



圖 4 校內自然科教師於課間觀課（二）

二、學習目標

（一）教學目標

1. 瞭解並感受音樂中各物理量之現象與意義。

2. 增進學生對物理原理的實際認知。
3. 透過具體的數據分析，提升對聲音的敏感度。
4. 透過同儕的討論分析，培養團隊領導與服從互助之自信心、責任心。
5. 增加學生創意思考與資訊能力，從而提升學習興趣與注意力。

（二）具體目標

認知部分：1. 瞭解音樂中各物理量之意義。2. 瞭解聲波合成原則。

情意部分：1. 培養同儕合作、共同完成創作的的能力。2. 尊重多元鑑賞能力。

技能部分：1. 能操作 APP 軟體（Sound Meter、Spectrum Analyzer）、Audacity 軟體。2. 簡易示波器訊號的觀察與解讀。

能力指標／核心素養：1. 團隊定位及與人共同合作之能力。2. 靈活運用各種媒介表達與溝通之能力。3. 美感判斷的能力，逐漸對生活中所見的一切要求美感素質的能力。

三、課程發展

課程內容相關資訊如圖 5；課程的進行狀況則請參閱圖 6-17。

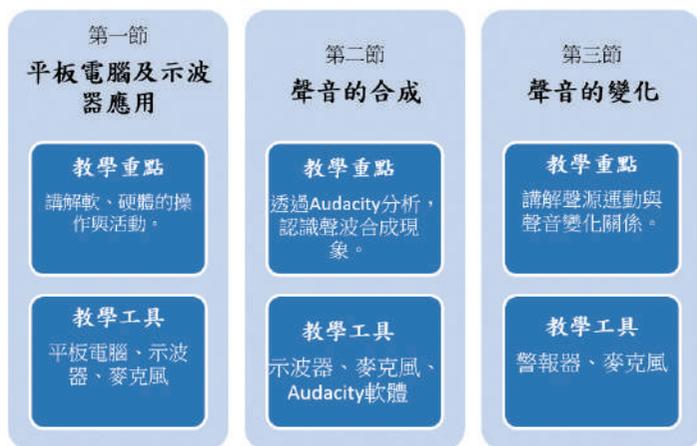


圖 5 課程內容相關資訊



圖 6 解說示波器的功能，並說明聲波波形



圖 7 學生積極參與課程，下課後仍踴躍發問並操作儀器



圖 8 學生於課堂上練習製作聲波的波形



圖 9 教師操作分貝計 APP，讓學生瞭解分貝的原理



圖 10 經由錄製學生合唱後，利用 Audacity 軟體加以分析，因切合學生創作及學校競賽活動，故學生專注投入



圖 11 使用行動載具教學，並透過同步投影至螢幕上

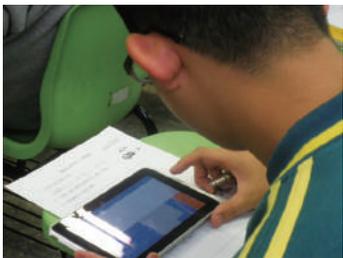


圖 12 學生依照老師教授的步驟，一一操作行動載具



圖 13 老師說明如何利用函數圖形 App-Mathematics，製作聲波的波形



圖 14 教師說明耳朵的構造，並提醒耳朵的保養事項



圖 15 老師播放高頻率聽力測試，學生以舉手表示聽到與否，藉此瞭解自己的聽力



圖 16 飆高音活動，藉由趣味競賽方式，引導學生探索發音，使學生於快樂中學習



圖 17 使用防狼警報器（使用泡綿紙包覆），用快速丟接的方式，使聲音產生都普勒效應

肆、學習成果

一、量化分析

透過學生學習成效檢核表，瞭解學生學習狀況，此檢核表由四個層面作檢視，分別是學習動機、學習成效、學習狀況以及影響因素。學生檢核內容分析如下：

(一) 學習動機層面

於學習動機層面如，針對此課程表示非常同意之學生占 52%，有一半以上的比例，而其中 1%（1 人）待加強的部分則是表示還是沒有紓解其對物理的壓力。而再由檢核重點部分，其中四分之一學生認為此次的課程使其對物理課程更具新鮮感，而又有四成學生認為此課程設計可以放鬆心情學習，有助學習上紓解課業壓力（圖 18、圖 19）。

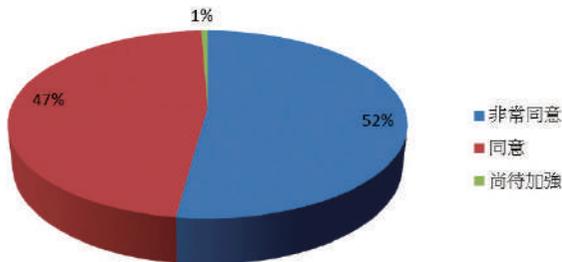


圖 18 學習動機檢核比例圖

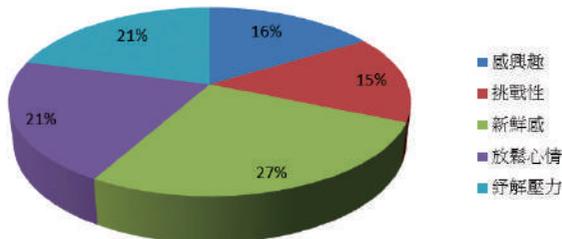


圖 19 學習動機檢核重點非常同意之比例圖

（二）學習成效層面

學習動成效面如，有 46% 學生表示非常同意此課程，而其中 4% 學生表示課程於提升創造力部分尚待加強，此因課程時間較為緊湊，故欠缺創作時間，故亦列入本研究未來展望之課程延伸。而於檢核重點部分，此設計十項檢核重點，針對學生非滿意與滿意部分，分別都於 10% 左右，與當初課程設計之多元性相符合，又於提升科學科學知識、提升人文與藝術素養兩部分，有略高比例（約 13%），亦呈現跨領域課程設計之成效（圖 20、圖 21）

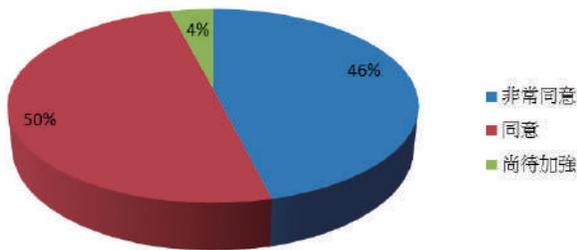


圖 20 學習動機檢核比例圖

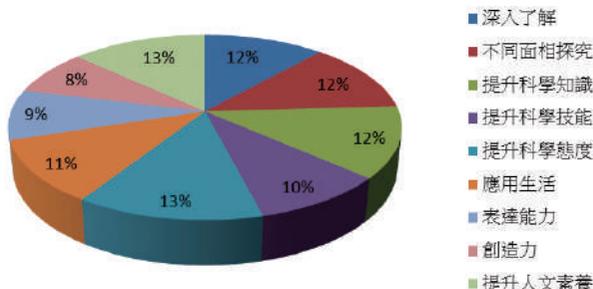


圖 21 學習成效檢核重點非常同意之比例圖

(三) 學習狀況層面

有 51% 學生表示非常同意此課程，有一半學生認同，而其中 3% 學生表示課程於主動學習及複習部分尚待加強，因此次課程設計主要以活動體驗科學，並由其中探索科學知識，故於評量與練習部分較少呈現。而於檢核重點部分，有六成（約 65%）學生非常同意積極參與並且認真投入此課程學習（圖 22、圖 23）。

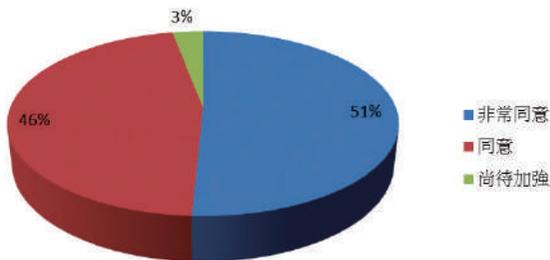


圖 22 學習狀況檢核比例圖

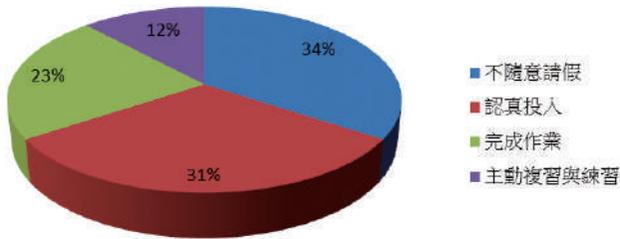


圖 23 學習狀況檢核重點非常同意之比例圖

(四) 影響因素層面

於影響因素層面，針對此課程表示非常同意之學生占 57%，高達將近六成，故可看出此次的課程內容設計與呈現讓學生對物理學習有所影響與幫助。而再由檢核重點部分，各個面向所占比率相當，均約 25% 左右，更可看出此課程兼顧各個面向，呈現多元性（圖 24、圖 25）。

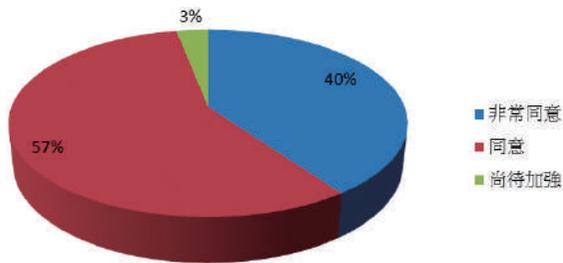


圖 24 影響因素檢核比例圖

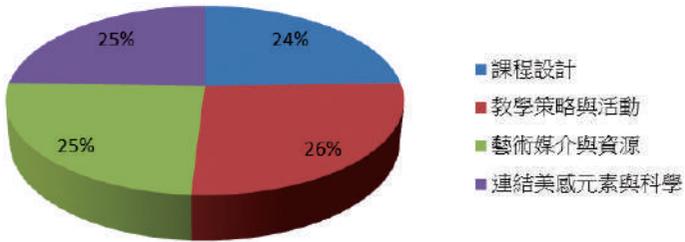


圖 25 影響因素檢核重點非常同意之比例圖

最後針對此次課程綜合比較，可看出此次課程於各檢核層面，同意與非常同意此課程比例均約占 50% 左右，呈現此課程各面向有所兼顧，其中又以學習動機與學習狀況提升略有較高比例，此亦呈現有提升學生學習之目的（圖 26）。

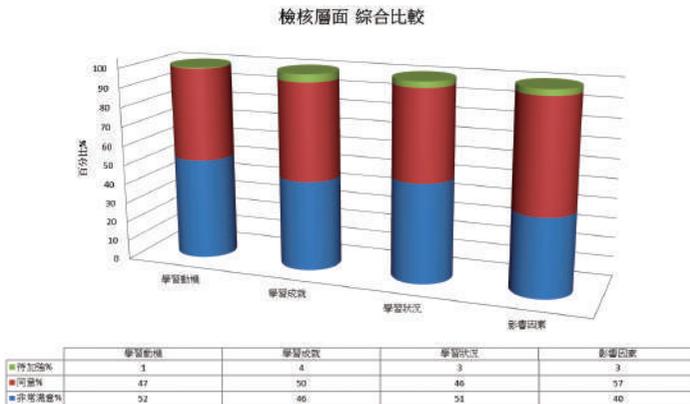


圖 26 檢核層面綜合比較柱狀圖

二、質性描述

根據實施的情況以及學生問卷的整理，大致如下：

（一）學習動機層面

- A 學生：可以多一點這樣的課程。
- B 學生：原本對物理沒有很大的興趣，上了這堂課覺得很好玩。
- C 學生：我覺得這樣的上課方式很有趣，增加了我對物理的興趣。
- D 學生：學習比較輕鬆，nice～
- E 學生：雖然對物理沒有特大的興趣，但結合音樂就好些了。

（二）學習成效層面

- A 學生：更加以實驗的方式理解生活之美。
- B 學生：回憶國中的理化，並學到很多新知識。
- C 學生：上了這堂課後，才明白跨領域上課也能這麼好玩，經過老師詳細的介紹後，也讓我學到許多知識。
- D 學生：使我學習物理更有效率。
- E 學生：這樣可以學習物理，也可以學習音樂。
- F 學生：上了這堂課之後，又學了一種電腦程式的運用，以後有需要時就可以自己用了。

(三) 學習狀況層面

- A 學生：相當有趣，印象深刻。
- B 學生：把物理融入其他較輕鬆的科目，讓我有比較喜歡物理一些。
- C 學生：因為覺得新奇，所以很認真的上課。
- D 學生：綜合科目可以讓我更專心。
- E 學生：我很認真參與錄音。
- F 學生：大家都蠻認真的，回答也踴躍。

(四) 影響因素層面

- A 學生：希望每節課都這樣上。
- B 學生：經過這堂課後發現了原來物理可以與音樂結合，更可以讓我 know 物理就在我身邊。
- C 學生：讓我知道物理與音樂可以有與以往不同方式學習。
- D 學生：因為結合了藝術方面的內容，使我對物理更感興趣。

伍、教學省思與推廣建議

一、結合 APP 軟體科技提升學生對知識的感受力—活化課程內容

隨著智慧型手機日漸普及，簡易操作之 APP 軟體

不斷推出，手機不再只是通訊工具，亦可為教學上一項很好資源，將學生平時熟悉之工具融入課堂中，不僅可很快瞭解物理知識內容，又可將知識與生活應用做連結，使學生能立即感受知識的運用性。

二、活動導向提升學生參與課程—快樂學習

本課程以一系列有趣輕鬆的活動呈現，使學生於活動中探索發掘知識，讓學生不再只是被動的知識接受者，而是主動積極的知識探索者，提升學的參與感。

三、音樂美感因素融入物理的課程—加深加廣之跨科學習

以物理客觀的量測與音樂主觀的感受兩方面一同詮釋聲音，透過數位科技軟體的分析，與聽覺對知性的感受做結合，使學生可以用不同方式瞭解自我對美的感受，訓練學生多元思考的技能。

受限於教學時間，無法再進行更多美感教育延伸的學習。在原本的教案設計中，在課程結束後，設計將學習過的音樂合聲分析軟體，以創作個人專輯的為主體，作為更進一步的美感創作成果發表，但受限於物理學科進度的規劃，使得教學時間受到限制，而未完成的課程

設計，則可做推廣方案的延伸學習，期待之後的教學能給予學生有更多對藝術的感受與創作。

四、參與成果發表會，激盪更多的巧思

希望有機會能將此課程教案進行成果發表，與各位教育工作者一同分享，也藉由研習的互動，期待能激發出更多精彩的教案。

五、撰寫更多物理跨領域的教案，呈現更多生活中的物理

這次能與音樂結合除了增進物理的教學外，亦產生多樣教學面向，也因為跨領域教學是未來教育的新方向，所以可思索將此架構延伸至藝術其他領域，例如光學與美術的跨領域教學等。

六、設計結合行動載具的教案，與推動行動學習的教育者一同分享

此次課程融入一些 APP 軟體與音樂剪輯軟體於其中，從中發現這些內容與學生現代生活習慣（亦即智慧型手機操作）相符之緣故，學生積極投入，期待撰寫更多行動學習教案，與推動行動學習的教育者一同分享。

七、發展成特色課程或專體課程

此教案當初設計以高一基礎物理教學為限，故於推行時受限於授課時間，使得此課程於示波器詳細說明與操作，及音樂創作與成果分享的部分較為不足，故未來亦在融入更多音樂創作與物理活動的設計，將此教案內容於未來選修特色課程或專體課程充分呈現，讓此教案內容加深加廣，使學生學習更加豐富的知識。

八、特殊生課程教案設計與推廣

此研究教案設計當中，第三堂課程當中有視覺物體（聲源）運動與聽覺聲音變化之關聯性活動，此研究可以引導視覺障礙之學生透過聽覺去想像物體運動之類似變化，由聽覺聯想物體運動遠近之美的畫面。

參考資料

- MazuApps Ltd. (2016). 頻譜分析儀。Google Play。取自 https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mazu.audio.spectrumanalyzer&hl=zh_TW
- Werboy. (2014). 用手機 APP 測環境噪音的聲級計 Sound Meter（手機分貝計）。硬是要學。取自 <http://www.soft4fun.net/mobile/android-relate/sound-meter.htm#axzz3PufkCXBv>

- 永春高中 (n.d.)。永春高中數位學習平台。取自
<http://203.72.61.36/moodle/>
- 高涌泉 (編) (2010)。基礎物理 (一) 全。臺北市：
龍騰文化。
- 潘宇文 (2006)。聲樂演唱合唱團形式。載於賴美鈴 (主
編)，高中藝術領域課程輔助教學參考手冊 2：音
樂 (頁 110-147)。臺北市：國立臺灣藝術教育館。
- 蔡振家 (2003)。音樂聲學書介：《樂器的物理》，臺
灣音樂研究試刊號，193-194。
- 聽力知多少 (2014)。聽力年齡是什麼？ **Ferdo**。取自
<http://erdo.cc/articles/12>
- 龔鎮雄、董馨 (1995)。音樂中的物理。高雄市：牛頓。
- Portnuff, C. (2011). *Risk of NIHL from MP3 player use: Evaluating long-term dosimetry measurements*. Boulder, CO: University of Colorado at Boulder.
- Sourceforge. (2016). *Audacity: A free multi-track audio editor and recorder*. Retrieved from <http://audacity.sourceforge.net/>

作者簡介



姓名：倪偵傑

現職：國立玉里高級中學物理教師、教學組長

學歷：國立臺灣師範大學物理研究所碩士

專長：物理教學、3D 列印、影片剪接、太陽能電池製作

經歷：臺北市立永春高級中學物理教師兼實研組副組長、國立花蓮女子高級中學物理專任教師、彰化縣立彰安國民中學物理專任教師



姓名：方美琪

現職：臺北市立永春高級中學音樂暨藝術生活專任教師、國立新竹教育大學音樂學系兼任講師

學歷：國立臺灣師範大學音樂研究所碩士

專長：音樂教學、藝術生活課程教學、中國音樂研究、教師專業發展

經歷：臺北市立永春高中實驗研究組長、副組長、教師專業發展評鑑課程講師、臺北市課程發展工作圈「教想協奏曲」音樂科跨校共備社群成員、臺北市高中音樂科輔導團輔導教師、普通高中音樂學科中心教

學資源研發推廣小組委員、種子教師、普通高中藝術生活學科中心種子教師

著作：高中、高職音樂課本（泰宇出版）、教育部高中音樂科資訊科技融入教學數位教材共 13 單元