



運用問題教學法提升「以輻射防護訓練取代輻射安全證書」 訓練班學員學習成效之研究

作者簡介



作者張天民上士，國立臺灣師範大學工業教育碩士、國立中央大學環境工程碩士、陸軍化訓中心士官高級班 104-2 期、病媒蚊防治業專業技術人員訓練班 113-2 期、陸軍化訓中心士官長正規班 114 年班。現職為陸軍化訓中心防護課程組教官。

提要

- 一、許多學科施行問題教學法後對於學生學習成效均有顯著提升，所以在相關學術社群中已有諸多的討論，唯綜觀國內、外運用問題教學法在輻射防護訓練的相關研究尚付之闕如。
- 二、為達成研究目的，本研究先從現行法規面論述國軍部隊中的「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」開班緣由及課程，其次介紹放射物理學的範疇與基本的認知，最後探討問題教學法在教學上的運用，以建立本研究之理論基礎。
- 三、本研究以 113-1 期、113-2 期、113-3 期及 113-4 期以輻射防護訓練取代輻射安全訓練班學員為研究對象，2 期為控制組，2 期為實驗組，控制組則施以講述教學，實驗組施以問題教學法內涵進行教學活動。採用量化統計方式進行數據分析，分別以「獨立樣本 t 考驗」及「相依樣本 t 考驗」進行。
- 四、教學實驗結果顯示，問題教學法能有效提升學員在「放射物理學認知」的學習成效，確實增進學員的學習興趣，並對問題解決能力與團隊合作亦有所成長。

關鍵詞：以輻射防護訓練取代輻射安全證書、問題教學法、放射物理學

前言

國軍因戰備訓練及災害救援需求，部分人員須接觸放射性物質或可發生游離輻射設備，由於游離輻射防護及訓練屬於特殊範疇，欲長期培養訓練師資、操作人員與輻射防護專業人力，須要透過輻射防護專業訓練機構的施訓。陸軍化生放核訓練中心(Army Chemical Biological Radiological Nuclear Training

Center) (以下簡稱化訓中心)自通過行政院核能安全委員會(以下簡稱核安會)「輻射防護訓練業」認證後,¹每年度均開辦「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」,為我國軍部隊中重要的輻射防護訓練機構。但由於游離輻射課程偏重物理領域,且受訓學員大多不具備理、工相關學識背景,導致多數學員於課後回饋中表示對放射物理相關學理的理解程度有限,唯放射物理學是「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」中的基礎內涵,也是最重要的核心課程,為此筆者開始尋思新的方法,以提升學員在該課程的學習成效。

問題教學法在國內、外相關研究已被證實運用在自然科學、形式科學、社會科學及職業與應用科學等領域中,均能有效強化學員的知識層次、增加問題解決能力,並善用合作學習以提升人際關係。^{2,3,4,5}由於許多學科施行問題教學法後,對於學生學習成效均有顯著提升,所以在相關學術社群中已有諸多的討論,唯綜觀國內、外運用問題教學法在輻射防護訓練的相關研究尚付之闕如。值此,筆者爰提本研究之執行,嘗試將問題教學法融入課程教學中,期能突破「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」學員普遍對於放射物理學習成效不佳的現況。

文獻探討

為達研究目的,本研究先從現行法規面論述國軍部隊中的「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」開班緣由及課程,其次介紹放射物理學的範疇與基本的認知,最後探討問題教學法在教學上的運用,以建立本研究之理論基礎。

一、以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班

《游離輻射防護法》第 37 條指出操作放射性物質或可發生游離輻射設備之

1.依《游離輻射防護法》第二十六條之規定發給證書,證書字號為:輻訓字第 00002 號。

2.McBr McBroom, D. G., & McBroom, W. H. 'Teaching molecular genetics to secondary students: an illustration and evaluation using problem-based learning'. "Problem Log", Vol. 6, 2001.

3.Nowak, J. A. "The implications and outcomes of using problem-based learning to teach middle school science. Indiana University", USA., 2001.

4.Gordon, P. R., Rogers, A. M., Comfort, M., Gavula, N., & Mcgee, B. P. 'A taste of problem-based learning increases achievement of urban minority middle-school students'. "Educational Horizons", Vol. 79, 2001.

5.Krynock, K. B., & Robb, L. 'Is problem-based learning a problem for your curriculum?' "Illinois School Research and Development Journal", Vol. 33, 1996.



人員，應受主管機關指定之訓練，並領有輻射安全證書或執照，但操作一定活度以下之放射性物質或一定能量以下之可發生游離輻射設備者，得以訓練取代之。這裡所指稱一定活度即該密封放射性物質核種活度符合《放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法》所列登記備查類之規定；以我國軍部隊而言，如 M8A1 毒氣警報器及 GID-3 化學警報器等各級單位配賦的預警裝備中，皆含有一定活度的放射性核種(Am-241、Ni-63 或 Cs-137)，故裝備操作手(保管人)均應接受訓練並測驗合格後始可為之。筆者將國內軍事用密封放射性物質裝備所屬核種、活度及豁免管制量整理如表 1 所示。

表 1 軍事用密封放射性物質裝備表

項次	裝備名稱	型號	核種	半衰期	豁免 管制量	活度 ⁶
1	毒氣警報器	M8A1	$^{241}_{95}\text{Am}$	432.2 年	27 μCi	250 μCi
2	化學戰劑偵檢器	ChemPro100				160 μCi
3	化學戰劑偵檢器	ChemPro100i				160 μCi
4	多功能毒氣預警器	MD1A				250 μCi
5	多功能毒氣預警器	MD1B				250 μCi
6	毒氣偵測器	MD1C				250 μCi
7	化學警報器	GID-3	$^{63}_{28}\text{Ni}$	100.1 年	2.7 mCi	30mCi
8	氣相層析儀	Auto System XL GC				15mCi
9	毒品爆裂物偵檢儀	ITEMISER3				10mCi
10	爆裂物偵檢儀	Vaper tracer2				10mCi
11	攜帶式測量儀	SABRE4000				15mCi
12	感應岩心密度測量儀	CDC805	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30.17 年	27 μCi	10mCi

資料來源：張天民，〈軍事用密封放射性物質裝備運作管理與策進〉《核生化防護學術半年刊》，第 103 期，(桃園：陸軍化生放核訓練中心，2016)。

⁶ 1Ci=3.7E+10 Bq



化訓中心為國軍唯一獲得核安會認證的「輻射防護訓練業」機構，自民國 92 年起開班，迄今已培訓國軍萬餘名合格操作人員，所開設的「以輻射防護訓練取代輻射安全證書」課程，不僅包含輻射防護相關學理，更將現實部隊會遇到的操作及管理實務融入課程中，以滿足基層部隊在輻射管理及應用的需求，其相關課程內容及時數如表 2 所示。

表 2 「以輻射防護訓練取代輻射安全證書」課程及訓練時數表

項次	訓練課程	科目	時數
一	基礎輻射	放射物理學概要	2 小時
		輻射的生物效應	2 小時
二	輻射防護	輻射安全、輻射原理與輻射防護	3 小時
三	輻射應用及防護	輻射應用及安全管制	3 小時
四	游離輻射防護法規	核能法規(含最新法規)	5 小時
五	輻射防護實習或見習	輻射偵檢儀度量	3 小時
六	成果驗收	測驗	1 小時

資料來源：陸軍化生放核訓練中心，〈輻射防護訓練班訓練暨管理計畫書〉，(桃園：陸軍化生放核訓練中心，2023)。

二、放射物理學(Radiological Physics)

放射物理學又稱為輻射物理學(Radiation Physics)，是研究物理學中有關輻射的產生、性質、與物質所發生的作用，以及偵測度量等範疇，由於放射物理學範圍極其廣泛，考量「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」學員於受訓結束回到部隊後，主要僅擔任含有放射性物質的裝備操作手或保管人職務，故選用財團法人中華民國輻射防護協會編撰之「實用游離輻射防護 B」⁷作為主要教材，並融入密封放射性物質或可發生游離輻射設備的操作及管理實務於課程內，以下就教材中「放射物理學」內涵簡要說明如後：

(一)原子與原子核

地球上所有的物質都是由元素或元素的化合物所組成，例如水是氫和氧元

7. 「實用游離輻射防護 B」為財團法人中華民國輻射防護協會所編撰的訓練教材系列之一，主要適用於「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」課程。

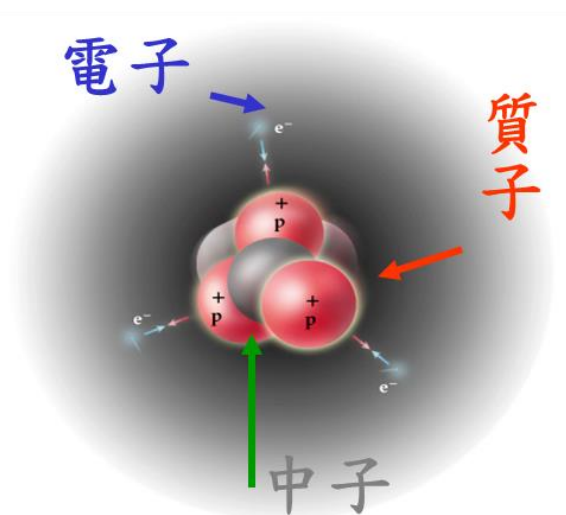


素的化合物，人體的組成元素為碳、氫、氧、氮等。元素最小的單位為原子。

1. 原子結構

原子是由原子核和圍繞在外相當數目的電子所組成，原子的中心為原子核，內含質子 (Proton) 和中子 (Neutron)，原子核外有電子 (Electronic)，像行星繞太陽一般，循著軌道繞著原子核旋轉，如圖 1 所示。在正常狀況下，原子核裡的質子數目和核外電子數目相等，因而原子呈現電中性。

圖 1 原子結構示意圖



資料來源：臺灣電力公司核能發電處，〈原子與原子核物理〉，(臺北市：臺灣電力公司核能發電處，2017)。

2. 核種(Nuclear Species)

核種是指原子的種類，每一種核種的原子核內都具有特定的質子數、中子數和能態，核種的符號可用 A_ZX 表示，其中 X 為元素的化學符號、Z 為元素的原子序數，也就是原子核中的質子數、N 為原子核中的中子數、A 為質量數，也就是原子核中核子 (即質子和中子) 的個數。

3. 同位素(isotope)

同位素是指質子數相同而中子數 (或質量數) 不同的一些原子。例如氫原子就有三種同位素：氫(1_1H)、氘(2_1H)、氚(3_1H)，氦有 5 種同位素： $({}^3_2He)$ 、 $({}^4_2He)$ 、 $({}^5_2He)$ 、 $({}^6_2He)$ 、 $({}^8_2He)$ 。這些同位素有些是穩定的，有些則具有放射性。同位素由於原子序數相同，它們在元素週期表中處於



同一個位置，核外有相同數目的電子，所以它們具有相同化學性質。

(二)游離輻射的特性

1.放射性核種的特性

能自發放出的輻射的不穩定核種，稱為放射性核種，主要是因其原子核內的質子或中子數目超過穩定所需，或是部分核子所處的能階(Energy Level)過高，原子核藉由衰變(或稱蛻變)的過程，排出多餘的粒子或能量，使原子核成為較穩定的狀態。放射性核種具有 3 個主要的特性：

(1)放射性核種能自發放射出輻射，並衰變成另一種核種。

(2)放射性核種具有一定的半衰期($T_{1/2}$)。⁸

(3)放射性核種原子數目隨時間成指數衰減，一般可用公式 $N = N_0 e^{-\lambda t}$ 。

2.活度(Activity)

活度為放射性物質在單位時間發生核衰變的次數，即蛻變率。活度(符號為 A) 的值等於放射性原子的數目(N) 與其衰變常數(λ) 的乘積，即 $A = N\lambda$ 。活度的單位為貝克(Bq)， $1 \text{ Bq} = 1 \text{ 蛻變/秒}$ 。

3.輻射的能量

輻射的能量愈大，穿透力愈強。能量的國際單位為焦耳(J)，放射物理學上所常用的能量單位為電子伏特(eV)或其倍數(keV, MeV)，所謂電子伏特就是一個電子經電位差為 1 伏特的電場加速所獲得的能量。

4.游離與激發

在正常的狀況下，原子核外軌道上的電子帶負電，受原子核內帶正電的質子吸引，這種吸引電子使其不離開原子範圍的力量，稱為束縛(Binding)能，又稱結合能。原子中，在不同軌道上的電子具有不同的束縛能，內層軌道的電子束縛能較大，外層較小。假如以輻射照射原子，使原子軌道上的電子脫離原子的束縛而成為自由電子，而使原子變成帶正電的離子，這種作用稱為游離。假如軌道電子自輻射所獲得的能量，不足以使其擺脫原子核的束縛，只能從低能階躍遷至高能階，這種作用稱為激發。

8.所謂半衰期係指某放射性核種的原子數目衰減到它初始值一半所需的時間。



(三)游離輻射與物質的作用

輻射與物質的交互作用，涉及輻射與物質之間能量的轉移。物質由原子組成，輻射可能與原子中的原子核或核外電子發生交互作用。任何特定的交互作用發生的機率與輻射的種類、能量以及物質的成分有關。

1. α 粒子與物質的作用

由於 α 粒子的質量比軌道電子大很多，又帶兩個正電荷，因此游離能力很強，在物質中行走的路徑差不多是直線，射程很短，故一張薄紙或人體皮膚層即可阻止其通過，不致造成體外暴露問題。但發射 α 粒子的放射性物質一旦進入體內，勢將造成較大的體內傷害。

2. β 粒子與物質的作用

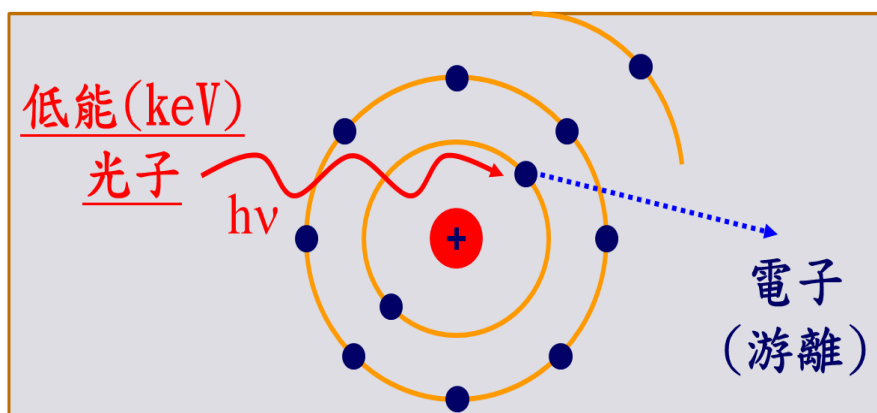
β 粒子的質量比 α 粒子小得多且僅帶一單位電荷，因此游離能力比 α 粒子小，穿透力則比 α 粒子大。因此能穿過人體組織幾公厘，造成皮膚及眼球水晶體的傷害。可穿透紙張，但可以被塑膠或鋁片阻擋。

3. 光子與物質的作用

光子與物質的作用可分成光電效應(Photoelectric Effect)、康普吞效應(Compton Effect)及成對發生(Pair Production)，其個別定義如後：

(1)光電效應：指光子射至物質後，光子的能量被物質的原子完全吸收而讓原子中的電子（通常是內層軌道電子）游離出來，也就是自光子轉變成電子的一種變化。光電效應示意如圖 2 所示。

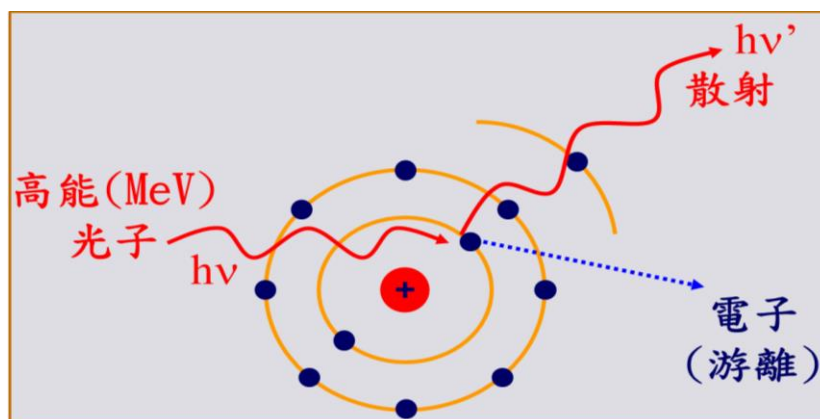
圖 2 光電效應



資料來源：董傳中，〈游離輻射與物質的作用〉，(桃園市：長庚大學醫學影像暨放射科學系，2017)。

(2)康普吞效應：是指光子射至物質以後，不僅有電子（通常是外層軌道電子）游離出來，同時還有能量較低的光子散射出來。康普吞效應示意如圖 3 所示。

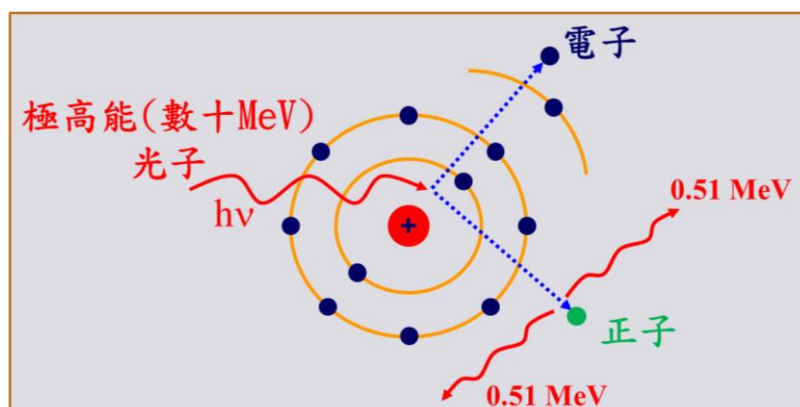
圖 3 康普吞效應



資料來源：董傳中，〈游離輻射與物質的作用〉，(桃園市：長庚大學醫學影像暨放射科學系，2017)。

(3)成對發生：是指極高能量的光子（至少在 1.02MeV 以上）射至物質以後，光子完全消失，卻有一帶正電荷的電子（正子）和一帶負電荷的電子發射出來，當成對發生的正子的動能消失殆盡時，極易與負電子產生互毀作用(Annihilation Reaction)⁹而消失並產生兩個 0.511MeV 的光子。成對發生示意如圖 4 所示。

圖 4 成對發生



資料來源：董傳中，〈游離輻射與物質的作用〉，(桃園市：長庚大學醫學影像暨放射科學系，2017)。

⁹ 互毀作用係指一個靜止的正子和一個靜止的負電子的質量相同、電量相反並接觸時，會產生兩個方向相反的 0.511MeV 光子。



三、問題教學法¹⁰

最早由 Harold Barrows 在 1970 年代加拿大安大略省的麥瑪斯特大學 (McMaster University in Ontario, Canada) 醫學院中所發展，他希望醫學院的學生不僅學習到內容知識，而且能夠透過問題解決將所學運用到臨床。¹¹而後這種方法除了逐漸被其他大學科系所採用，許多中、小學的學習領域或科目也開始關注與實施問題教學法，在學術界亦稱之為「問題導向學習(Problem-Based Learning, PBL)」。以下就問題教學法的特徵及教學設計說明如後：

(一)問題教學法的特徵

1.小組合作學習

強調合作學習是以學生本位的學習方式，幫助學生獲得問題解決的技能，培養學生自我導向學習與團隊合作的技能。採用問題教學法應將全體成員分組，最理想的小組人數為 5-9 人，如此每位學生可以充分的互動，達到學習的效果。^{12,13}

2.以問題聚焦進而引導學習

問題教學法的主軸在於以「問題」為學習起點，最好是真實 (Authentic)、複雜 (Complex)、開放 (Open-ended) 的問題。問題呈現的方式可以透過文字、影片、電腦動畫等方法表達，所以問題可以給學生從科學的角度，統整獲得新的知識。¹⁴

3.教師透過觀察協助引導

教師要改變過去主動講述、傳遞知識的行為，轉為從旁協助的引導角色，成為主動的觀察者與被動的行動者，適時提供學習導引，協助學生釐清問題，找到正確的解決方向。¹⁵

10 陸軍總司令部，〈陸軍軍隊教學法教材草案（軍官基礎級）〉，（桃園市：陸軍總司令部，1986）。

11 Barrows, H. S. "How to design problem-based curriculum for the preclinical years". NY: Springer., 1985.

12 Aspy et al. 'What doctors can teach teachers about problem-based learning'. "Educ. Leadership", Vol. 50(7), 1993.

13 Barrows, H. S. 'Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview'. "New Directions for Teaching and Learning", Vol. 68, 1996.

14 Edens, K. M. 'Preparing Problem Solvers for the 21st Century through Problem-based Learning'. "College Teaching", Vol. 48(2), 2000.

15 Wilker, L., & Gijssels, W. 'Bring Problem-based Learning to Higher Education'.

(二)問題教學法設計

依據教學設計專家 Jerrold Kemp 所提出的 PBL 教學設計流程計有 5 個階段，分別為分析階段、設計階段、發展階段、實施階段與評量階段，¹⁶流程圖如圖 5 所示，說明如後：

圖 5 PBL 教學模式設計流程



資料來源：Kemp, J. E. “The instructional design processes” . NY: Harper &Row, 1985.

1.分析階段

教師要對所選定的問題做資料蒐集相關內容的認識，並對相關內容有更進一步的學習和探究，教師才能勝任 PBL 裡的「教練」角色。

“Theory and Practice”, Vol. 68, San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1996.

16 Kemp, J. E. “The instructional design processes”. NY: Harper &Row, 1985.



2.設計階段

- (1)決定問題情境：教師要考慮何種情境最能貼近學生的日常生活，使學生能更為積極參與和投入。
- (2)規劃學習評量：分為過程導向評量（同儕評量、自省評量、口試、訪談觀察、測驗、實作評量）及成果導向評量（個案回顧、學生判斷評量、紙筆測驗、檔案評量）。

3.發展階段

- (1)問題呈現發展格式：主要在說明與界定和問題有關的線索，一個詳盡而完整的情境說明，將有助於學習者掌握解決問題時所擁有的線索，並更快進入問題情境中學習。
- (2)確認教與學的模式：由教師呈現問題情境，使學生掌握解決問題時的所有線索。學生先釐清問題根源，並依據所學知識整理出解決問題所需的資訊。
- (3)評量工具發展：多元評量形成與判準，可作為學習評量發展之參據。

4.實施階段

- (1)分組：教師將學生分成數個合作小組，並彼此自我介紹與溝通。
- (2)遭遇問題：教師將預先設定好的問題，呈現給各小組。
- (3)透過問題進行探究：要求各小組學生經由腦力激盪而提出意見、澄清和界定題目中所提供的訊息。
- (4)自我指引(Self-directed Study)：學生可以從教材及之前老師教受過的知識進行內容分析與整理，以便回到小組後能與小組的成員分享。
- (5)決定最合適的解答：學生總結此刻所獲得的訊息，在各種可能的選擇中決定一個最適切的答案。
- (6)成果展現：各小組透過口頭報告、書面報告、召開會議或戲劇等方式，將結果或解答展現給全體師生。透過其他小組及教學者的詢問、質疑、討論及建議，可促進學生回顧或擴展其他想法。

5.評量階段

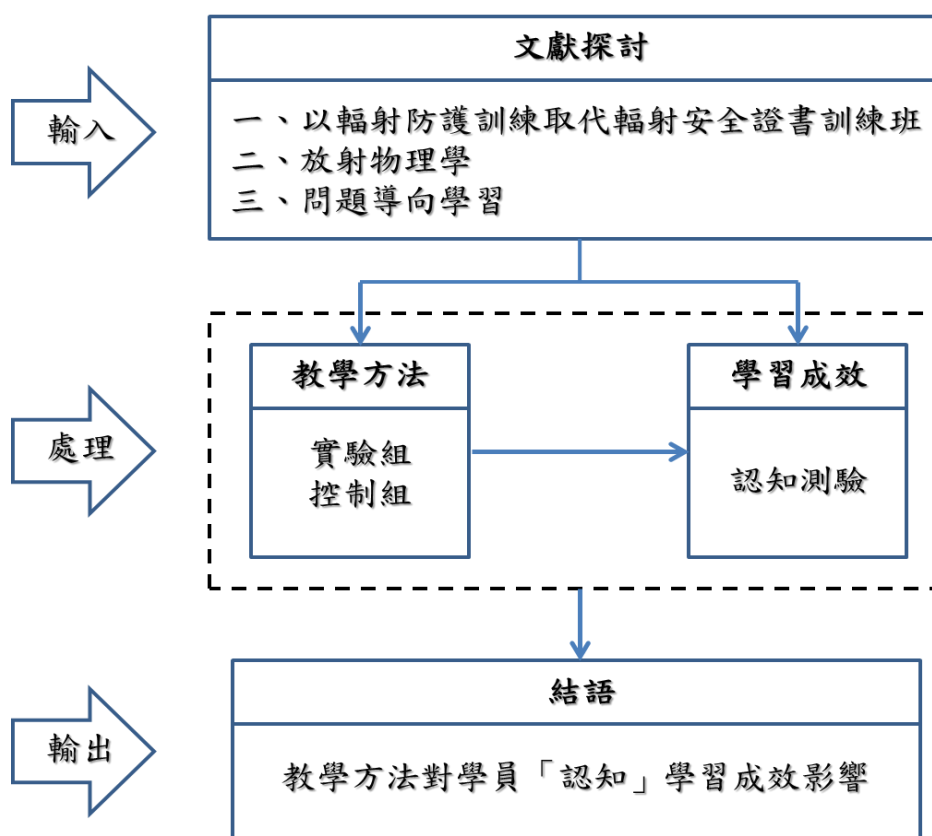
評量可分為兩種類型，(1)形成性評量：即教學設計過程中各階段的評量；(2)總結性評量：即課程結束後，對於課程的整體性評量。

研究設計與實施

一、研究架構

本研究根據研究動機與目的，配合相關文獻探討之結果，擬定系統架構模式，共區分為三大部分，分別為：(一)輸入部分(Input)，(二)處理部分(Process)，(三)輸出部分(Output)，本研究架構如圖 6。針對教學設計說明如後：

圖 6 研究架構



資料來源：筆者自行繪製。

(一)自變項¹⁷

1. **實驗組**：採用財團法人中華民國輻射防護協會編撰之「實用游離輻射防護B」，筆者再額外融入PBL實施教學。實驗組依進訓班隊人數區分若干小組，每小組8員，各小組同時針對課程問題進行討論。
2. **控制組**：亦採用「實用游離輻射防護B」作為授課教材，但教學方法採用一般的傳統講述法教學。

(二)依變項¹⁸

17 指實驗者所操弄、控制的條件，又稱「實驗變項」或「處理變項」。



主要探討實驗組與控制組學生接受不同教學法後，其「放射物理學認知」學習成效是否有影響。

二、分組方法及實驗設計模式

由於班隊流路之限制，筆者無法將研究對象隨機分派到實驗組和控制組，因此以表 3 所示之「2×2」等組實驗組控制組前後測準實驗設計教學模式。

表 3 教學實驗設計模式

組別	前測	實驗處理	後測
實驗組	O ₁	X	O ₂
控制組	O ₃		O ₄

註 1.O₁ 與 O₃ 代表實驗前，實驗組與控制組學生均接受「放射物理學」認知測量。

2.X 代表實驗組接受 PBL 教學。

3.O₂ 與 O₄ 代表實驗後，實驗組與控制組學生再接受「放射物理學」認知測量。

資料來源：筆者自行製表。

三、研究對象

本研究以 113-1 期、113-2 期、113-3 期及 113-4 期「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」學員為研究對象，2 期為實驗組，2 期為控制組，實驗組施以 PBL 教學活動，控制組則施以講述教學，分組情形如表 4 所示。

表 4 研究對象分組

期別	實驗組(人)	控制組(人)
113-1 期	—	75
113-2 期	78	—
113-3 期	—	78
113-4 期	78	—
小計	156	153

資料來源：筆者自行製表。

四、研究工具

18 研究當中被觀察、紀錄的變數。也就是說依變項為被預測的變項，指隨著變項的改變而變化。

(一)課程設計

本研究以文獻探討所歸納之「放射物理學」範疇區分為「原子與原子核」、「游離輻射的特性」及「游離輻射與物質的作用」等 3 個子題，針對子題設定 PBL 情境問題，使小組學員在接受問題之後，必須從問題中找出可運用的線索，並運用前述「以輻射防護訓練取代輻射安全證書」其他課程中所學到的知能分析問題，透過討論的方式找出最適解答。

(二)測驗試卷

本研究以文獻探討所歸納之「放射物理學」範疇，自行編製「放射物理學認知」前測試卷及「放射物理學認知」後測試卷，以瞭解實驗組學員的「放射物理學認知」在接受 PBL 課程前後的改變情形。配合文獻探討的內容，每份試卷均包含「原子與原子核」、「游離輻射的特性」及「游離輻射與物質的作用」等 3 個研究變項，共 20 道題項。筆者委由本軍裡通過國家考試具備「輻射安全證書」或「輻射防護人員證書」的 13 位同仁分別實施「放射物理學認知」前測試卷及「放射物理學認知」後測試卷，並使用皮爾森積差相關 (Pearson Product Moment Correlation) 分析兩試卷的複本信度 (Alternative from Reliability)¹⁹如表 5 所示，說明如後：

表 5 複本信度分析表

		前測試卷		
		原子與原子核	游離輻射的特性	游離輻射與物質的作用
後測試卷	原子與原子核	0.91***		
	游離輻射的特性		0.96***	
	游離輻射與物質的作用			0.94***

*** $p < 0.001$

資料來源：筆者自行製表。

19 複本信度係指將受試者接受兩份測驗（一份為正本、一份為複本），然後以受試者在正本及複本的得分求其相關係數，即可得到複本信度。複本測驗必須在內容、題型、題數、難度、測驗時間均相同，才能稱為複本測驗。



由表 5 分析結果可知，兩份試卷的「原子與原子核」、「游離輻射的特性」及「游離輻射與物質的作用」的相關分析結果均達顯著水準，相關係數 r 介於 0.91~0.96 為高度正相關，顯示本研究自行編製的「放射物理學認知」前測試卷及「放射物理學認知」後測試卷具備良好的複本信度，可確實運用在比較教學前、後學員「放射物理學認知」學習成效。

五、資料處理

本研究分別針對試卷間的副本信度與教學前、後的認知差異進行量化統計分析，並以「95%信賴區間」訂為統計考驗的標準，如 p 值 < 0.05 表示達到顯著水準，如 p 值 > 0.05 表示未達到顯著水準。就分析方式及其標準說明如後：

(一)相關分析

皮爾森積差相關用於度量兩個變量 X 與 Y 之間的相關，其值介於 1 與 -1 之間，係數的值為 1 意味著兩個變量可以用很好的直線方程式來描述，所有的數據點都落在一條直線上，且 Y 隨著 X 的增加而增加；係數的值為 -1 意味著兩個變量可以用很好的直線方程式來描述，所有的數據點都落在一條直線上，且 Y 隨著 X 的增加而減少；係數的值為 0 意味著兩個變量之間沒有線性關係。相關係數大小所代表的意義如表 6 所示：

表 6 相關係數大小及其意義

相關性	負	正
無	0	0
低	$-0.3 < r < -0.1$	$0.3 < r < 0.1$
中	$-0.5 < r < -0.3$	$0.5 < r < 0.3$
高	$-1 < r < -0.5$	$1 < r < 0.5$

資料來源：維基百科，〈皮爾遜積差相關係數〉，2023 年 12 月 15 日，取自 <https://zh.m.wikipedia.org>。

(二)差異性分析

在統計學中進行差異性分析的方法極多，考量本研究僅將受試樣本分為「實驗組」與「控制組」兩個互為獨立的群體，且各組人數均大於 150 人屬

於大樣本，故試用「獨立樣本 t 考驗」²⁰(Independent t test)進行差異性分析。t 值與差異顯著性關係表如表 7 所示：

表 7 t 值與差異顯著性關係表

t 值	p 值	差異顯著程度
3.29	$p < 0.001$	極其顯著
2.58	$p < 0.01$	非常顯著
1.96	$p < 0.05$	顯著
1.96	$p > 0.05$	不顯著

資料來源：MBA 智庫百科，〈t 檢驗〉，2023 年 12 月 15 日，取自
[http://wiki.mbalib.com/zh-tw/t 檢驗](http://wiki.mbalib.com/zh-tw/t%20%E6%A3%99%A7)。

研究結果與發現

為瞭解學員「放射物理學認知」學習成效在受訓前、後的改變情形，本研究採用量化統計實施「獨立樣本 t 考驗」進行分析。

一、教學前學員「放射物理學認知」差異情形

本研究使用獨立樣本 t 考驗分析「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」實驗組及控制組學員「放射物理學認知」前測成績之得分情形，分析結果如表 8 所示，說明如後。

表 8 不同組別的學員在「放射物理學認知」前測成績差異分析

教學類別	人數	平均數	標準差	t 值
1.實驗組	156	31.4	10.6	1.3
2.控制組	153	33.8	10.1	

註：測驗滿分為 100。

資料來源：筆者自行製表。

就「放射物理學認知」前測成績而言，實驗組的成績為 31.4 ± 10.6 ，控制組的成績為 33.8 ± 10.1 ，檢定結果未達顯著水準 ($t=1.3 < 1.96$ ， $p=.2 > 0.05$)，顯示兩組學員在受訓前對於「放射物理學認知」並沒有明顯差異情形，亦即筆

20.欲比較兩組獨立樣本的平均值間是否存在顯著差異，且對應值必須是連續變項。



者不須將組別進行調整，可繼續之後的教學實驗進行。

二、教學後學員「放射物理學認知」差異情形

本研究使用獨立樣本 t 考驗分析「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」實驗組及控制組學員「放射物理學認知」後測成績之得分情形，分析結果如表 9 所示，說明如後。

表 9 不同組別的學員在「放射物理學認知」後測成績差異分析

教學類別	人數	平均數	標準差	t 值
1.實驗組	156	83.2	8.0	9.86***
2.控制組	153	72.7	8.2	

*** $p < 0.001$

註：測驗滿分為 100。

資料來源：筆者自行製表。

就「放射物理學認知」後測成績而言，實驗組的成績為 83.2 ± 8.0 ，控制組的成績為 72.7 ± 8.2 ，檢定結果達顯著水準 ($t = 9.86 > 3.29$, $p = 0.000 < 0.001$)，顯示兩組學員在受訓後對於「放射物理學認知」有明顯差異情形，且由實驗組學員的「放射物理學認知」顯著高於控制組學員。

結語

游離輻射即具有一定能量的輻射，能對生物及人體造成輻射生物效應，儘管「以輻射防護訓練取代輻射安全證書訓練班」的學員皆是操作一定活度以下之放射性物質，或一定能量以下之可發生游離輻射設備者，但對於游離輻射的物理作用必須要有所瞭解，才能避免可能造成的傷害。為提升教學成效，筆者研究 PBL 課程所帶來的效益，並從教學實驗結果顯示，PBL 能有效提升學員在「放射物理學認知」的成效，確實增進學員的學習興趣，並對問題解決能力與團隊合作亦有所成長。本研究僅以「放射物理學」為研究範圍，是為理論的課程，建議後續研究者可以將 PBL 的概念運用在實作課程中，以瞭解學習者經過 PBL 教學後對於實作知能是否亦能有所提昇。



參考文獻

一、論著

- 1.行政院核能安全委員會，〈輻射防護相關業務管理辦法〉，（新北市：行政院核能安全委員會，2011）。
- 2.陸軍化生放核訓練中心，〈輻射防護訓練班訓練暨管理計畫書〉，（桃園市：陸軍化生放核訓練中心，2023）。
- 3.行政院核能安全委員會，〈游離輻射防護法〉，（新北市：行政院核能安全委員會，2002）。
- 4.陸軍總司令部，〈陸軍軍隊教學法教材草案（軍官基礎級）〉，（桃園市：陸軍總司令部，1986）。
- 5.財團法人中華民國輻射防護協會，〈實用游離輻射防護B〉，（新竹市：財團法人中華民國輻射防護協會，1996）。
- 6.臺灣電力公司核能發電處，〈原子與原子核物理〉，（臺北市：臺灣電力公司核能發電處，2017）。
- 7.董傳中，〈游離輻射與物質的作用〉，（桃園市：長庚大學醫學影像暨放射科學系，2017）。
- 8.Barrows, H. S. "How to design problem-based curriculum for the preclinical years" . NY: Springer., 1985.
- 9.Nowak, J. A. "The implications and outcomes of using problem-based learning to teach middle school science. Indiana University" , USA., 2001.
- 10.Kemp, J. E. "The instructional design processes" . NY: Harper & Row, 1985.

二、期刊

- 1.張天民，〈軍事用密封放射性物質裝備運作管理與策進〉《化生放核防護學術半年刊》，第103期，（桃園市：陸軍化生放核訓練中心，2016）。
- 2.McBroom, D. G., & McBroom, W. H. 'Teaching molecular genetics to secondary students: an illustration and evaluation using problem-



- based learning' "Problem Log" , Vol. 6, 2001.
- 3.Gordon, P. R., Rogers, A. M., Comfort, M., Gavula, N., & Mcgee, B. P.
'A taste of problem-based learning increases achievement of urban minority middle-school students' "Educational Horizons" , Vol. 79, 2001.
- 4.Krynock, K. B., & Robb, L. 'Is problem-based learning a problem for your curriculum?' "Illinois School Research and Development Journal" , Vol. 33, 1996.
- 5.Asphy et al. 'What doctors can teach teachers about problem-based learning' "Educ. Leadership" , Vol. 50(7), 1993.
- 6.Barrows, H. S. 'Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview' "New Directions for Teaching and Learning" , Vol. 68, 1996.
- 7.Wilker, L., & Gijsselaers, W. 'Bring Problem-based Learning to Higher Education' "Theory and Practice" , Vol. 68, 1996.
- 8.Edens, K. M. 'Preparing Problem Solvers for the 21st Century through Problem-based Learning' "College Teaching" , Vol. 48(2), 2000.