

科學教育學習領域

物理科
課程及評估指引
(中四至中六)

課程發展議會與香港考試及評核局聯合編訂

香港特別行政區政府教育局建議學校採用

二零零七年（二零一五年十一月更新）

目 錄

	頁數
引言	i
第一章 概論	
1.1 背景	1
1.2 科學科目在學校的實施	2
1.3 課程理念	2
1.4 課程宗旨	3
1.5 與初中課程及中學畢業後出路的銜接	4
第二章 課程架構	
2.1 設計原則	7
2.2 學習目標	8
2.2.1 知識和理解	8
2.2.2 技能和過程	9
2.2.3 價值觀和態度	12
2.3 課程結構及組織	14
2.3.1 必修部分	17
2.3.2 選修部分	44
2.3.3 探究研習	71

第三章	課程規畫	
3.1	主導原則	74
3.2	學習進程	75
3.3	課程規畫策略	77
	3.3.1 與初中科學科課程的銜接	77
	3.3.2 建議學與教次序	79
	3.3.3 調適課程以照顧學生的多樣性	82
	3.3.4 彈性運用學習時間	83
3.4	課程統籌	84
	3.4.1 有效的課程統籌	84
	3.4.2 校內不同持份者的角色	85
第四章	學與教	
4.1	知識與學習	88
4.2	主導原則	88
4.3	取向與策略	90
	4.3.1 學與教的取向	90
	4.3.2 多元化和具彈性的學與教活動	91
	4.3.3 由課程至教學法：如何開始	91
4.4	互動	99
	4.4.1 採用學習鷹架	99
	4.4.2 有效的回饋	100
	4.4.3 以互動來評估學習	100
4.5	照顧學生的多樣性	101
	4.5.1 了解學生	101
	4.5.2 靈活分組	101
	4.5.3 教學方法配合學習能力	101
	4.5.4 照顧資優學生	102
	4.5.5 善用資訊科技	102

第五章	評估	
5.1	評估的角色	104
5.2	進展性和總結性評估	104
5.3	評估目標	106
5.4	校內評估	106
	5.4.1 主導原則	106
	5.4.2 校內評估活動	108
5.5	公開評核	109
	5.5.1 主導原則	109
	5.5.2 評核設計	110
	5.5.3 公開考試	110
	5.5.4 校本評核	110
	5.5.5 成績水平與匯報	111
第六章	學與教資源	
6.1	學與教資源的目的和功能	113
6.2	主導原則	113
6.3	資源的類別	114
	6.3.1 教科書	114
	6.3.2 參考資料	114
	6.3.3 互聯網與科技	115
	6.3.4 教育局發展的資源	116
	6.3.5 社區資源	116
6.4	學與教資源的運用	118
6.5	資源管理	119
	6.5.1 獲取有用的資源	119
	6.5.2 分享資源	119
	6.5.3 貯存資源	119

附錄

- | | | |
|---|---------------------|-----|
| 一 | 配合學生不同需要的時間表編排和教師調配 | 121 |
| 二 | 期刊和雜誌 | 125 |
| 三 | 教育局編製的資源 | 127 |

詞彙釋義 130

參考文獻 134

課程發展議會－香港考試及評核局物理委員會（高中）委員名錄

引言

教育統籌局(教統局，現改稱教育局))於2005年發表報告書¹，公布三年高中學制將於2009年9月在中四級實施，並提出以一個富彈性、連貫及多元化的高中課程配合，俾便照顧學生的不同興趣、需要和能力。作為高中課程文件系列之一，本課程及評估指引建基於高中教育目標，以及2000年以來有關課程和評估改革的其他官方文件，包括《基礎教育課程指引》(2002)和《高中課程指引》(2009)。請一併閱覽所有相關文件，以便了解高中與其他學習階段的連繫，並掌握有效的學習、教學與評估。

本課程及評估指引闡明本科課程的理念和宗旨，並在各章節論述課程架構、課程規畫、學與教、評估，以及學與教資源的運用。課程、教學與評估必須互相配合，這是高中課程的一項重要概念。學習與施教策略是課程不可分割的部分，能促進學會學習及全人發展；評估亦不僅是判斷學生表現的工具，而且能發揮改善學習的效用。讀者宜通觀全局，閱覽整本課程及評估指引，以便了解上述三個重要元素之間相互影響的關係。

課程及評估指引由課程發展議會與香港考試及評核局(考評局)於2007年聯合編訂，並於2014年1月作首次更新，以落實新學制檢討中有關高中課程及評估的短期建議，務求讓學生和教師盡早受惠；而是次更新則包括新學制中期檢討中課程及評估的其他建議。課程發展議會是一個諮詢組織，就幼稚園至高中階段的學校課程發展事宜，向香港特別行政區政府提供意見。議會成員包括校長、在職教師、家長、僱主、大專院校學者、相關界別或團體的專業人士、考評局的代表、職業訓練局的代表，以及教育局的人員。考評局則是一個獨立的法定機構，負責舉辦公開評核，包括香港中學文憑考試。委員會成員分別來自中學、高等院校、政府部門及工商專業界。

教育局建議中學採用本課程及評估指引。考評局會根據學科課程而設計及進行各項評核工作，並將印發手冊，提供香港中學文憑考試的考試規則及有關學科公開評核的架構和模式。

¹該報告書名為《高中及高等教育新學制—投資香港未來的行動方案》，下稱「334 報告書」。

課程發展議會及考評局亦會就實施情況、學生在公開評核的表現，以及學生與社會不斷轉變的需求，對學科課程作出定期檢視。若對本課程及評估指引有任何意見和建議，請致函：

香港九龍塘沙福道 19 號
教育局九龍塘教育服務中心東座 2 樓 E232 室
教育局課程發展處
總課程發展主任（科學教育）收

傳真：2194 0670

電郵：science@edb.gov.hk

第一章 概論

本章旨在說明物理科作為三年制高中課程選修科目的背景、理念和宗旨，並闡述本科與初中課程、高等教育，以及就業出路等方面如何銜接。

1.1 背景

教育統籌委員會的《終身學習，全人發展——香港教育制度改革建議》（教育統籌委員會，2000）及其後的諮詢報告均指出，香港作為一個全球化的高科技社會，學生必須具備廣博的知識基礎，才能在社會上發揮所長，並有所建樹。「334 報告書」建議為學生提供廣闊而均衡的課程，以促進學生的全人發展，為終身學習奠定基礎。除了中國語文、英國語文、數學和通識教育四個核心科目外，報告建議讓學生根據個人興趣和能力，從不同的學習領域中選擇兩至三個選修科目，並積極參與各種其他學習經歷，包括藝術活動、體育活動、與工作有關的經驗、社會服務，以及德育和公民教育。有關安排將取代傳統的理科、文科及工／商科的分流。

修讀生物、化學和物理三個不同範疇，往往相輔相成。為了讓修讀科學的學生獲得均衡的學習經歷，科學教育學習領域提供了以下各選修科目：

- **生物科、化學科和物理科**

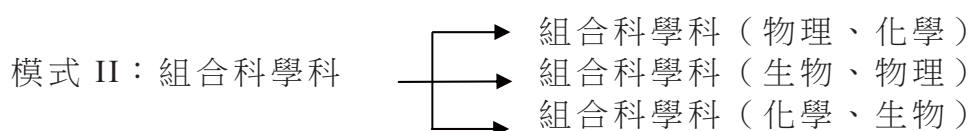
這些科目讓學生在相關的學科範疇建立穩固的知識基礎，為日後進修或工作準備。

- **科學科**

這科以兩種模式推行：模式 I 為綜合科學科，採用跨學科模式設計；模式 II 為組合科學科，以組合方式設計。旨在讓學生在修讀科學教育學習領域內一或多個選修科目的同時，仍有空間修讀其他學習領域的選修科目。

模式 I：綜合科學科

這課程是為只在科學教育學習領域中修讀一科的學生而設計的，旨在提升他們的科學素養，為面向瞬息萬變的社會和配合學校課程內其他方面的學習打好基礎。修讀此科的學生將有機會在科學的各範疇獲得全面而均衡的學習經歷。



這課程是為在科學教育學習領域中選修兩科的學生而設計的，學生可修讀一個專修科學科目及其餘兩個科學科目所組成的組合科學。因此，學生可選讀的三個科目組合如下：

- 組合科學科（物理、化學）+ 生物科
- 組合科學科（生物、物理）+ 化學科
- 組合科學科（化學、生物）+ 物理科

1.2 科學科目在學校的實施

生物科、化學科、物理科、綜合科學科及組合科學科各有獨立的課程及評估指引，以便學校管理人員及教師在進行校本課程規畫、設計學與教活動、學生評估、資源分配及提供行政支援時可作參考。有關各個科目的時間表編排和教師調配的資料，請參閱附錄一。

本課程及評估指引涵蓋物理科課程的方針和建議。有關組合科學科中物理部分的實施，將會在《組合科學科課程及評估指引（中四至中六）》（課程發展議會及考評局，2007）論及。

1.3 課程理念

競爭激烈與全球一體化經濟的出現、科學與科技的急速發展，以及不斷增長的知識基礎，將持續為人們的生活帶來深遠影響。面對這些轉變帶來的挑戰，物理科與其他選修的科學科目一樣，為學生提供一個終身學習的平台，提升學生的科學素養，以及讓他們掌握科學與科技領域內的基要科學知識和技能。

物理學是基礎的自然科學之一，研究自然界的定律，以及眾多物理現象之間的種種關係和行為。透過學習物理學，學生可獲得與生活相關的概念和過程的知識。在了解物理學與生活的關係及其內在美的同時，修讀物理學也有助學生進一步認識物理學在其他領域內的實際應用。藉着鞏固的物理學基礎，學生能夠鑑賞物理學的內在美及其定量本質，以及明白物理學在

工程學、醫學、經濟學和科技世界等不同領域中所擔當的角色。再者，學習有關物理學創新的貢獻、及由此衍生的議題和難題，都有助學生建立一套科學、科技、社會和環境四方面相互連繫的整體觀念。

本課程旨在提高學習物理學的趣味性和實用性，並建議運用實際生活情境來引入物理學的知識。課程會因應學生的不同能力和志向，採用多元化的情境、學與教策略及評估方法，藉此激發學生的興趣和動力。結合其他的學習經歷，使學生能夠應用物理學知識，了解物理學與其他學科的關係，覺察科學、科技、社會和環境四方面相互關聯的時事議題，從而培養他們成為盡責的公民。

1.4 課程宗旨

本課程的宗旨是為學生提供與物理學相關的學習經歷，培養學生的科學素養，以便學生積極投身於迅速變化的知識型社會之中；使他們在與物理學相關的領域中進一步學習或為就業作好準備，並成為科學與科技的終身學習者。

本課程的宗旨是讓學生：

- 對物理世界產生興趣，保持對物理世界的好奇心和求知欲；
- 建構及應用物理學的知識，鑑賞物理科學與其他學科之間的關係；
- 藉與物理學相關的情境了解和鑑賞科學的本質；
- 掌握進行科學探索的技能；
- 培養科學性、明辨性²和創造性的思考能力，以及在單獨或在與他人協作的情況下，解決與物理學有關問題的能力；
- 理解有關物理學議題的科學語言，並能與他人交流觀點；
- 在與物理學有關的議題上，作出明智的判斷和決定；
- 關注物理學對社會、道德、經濟、環境和科技的影響，以及養成負責任的公民態度。

²註：過去譯作「批判性思考」。2015年起，建議使用「明辨性思考」作為 **critical thinking** 的中譯，以強調其要義是謹慎思考，明辨分析。為保持課程文件用語的一致性，所有於2015年或以後更新的中、小學課程文件均會相應更新。我們理解其他華語地區的教育專業部門及群體多採用「批判性思考」或「批判思維」，我們將按需要予以註明。

1.5 與初中課程及中學畢業後出路的銜接

物理科是科學教育學習領域內的選修科目之一。本課程是初中科學科（中一至中三）課程的延續，並以過往中學物理科課程的精要為基礎，加以發展。它為學生提供均衡的學習經歷，讓學生藉此發展在科學教育中「能量與變化」和「地球與太空」兩個學習範疇所需的科學知識和理解、技能和過程，以及價值觀和態度。圖 1.1 說明各學習範疇的相互關係。

有關初中科學科課程與物理科課程的銜接詳情，請參閱第三章的相關內容。

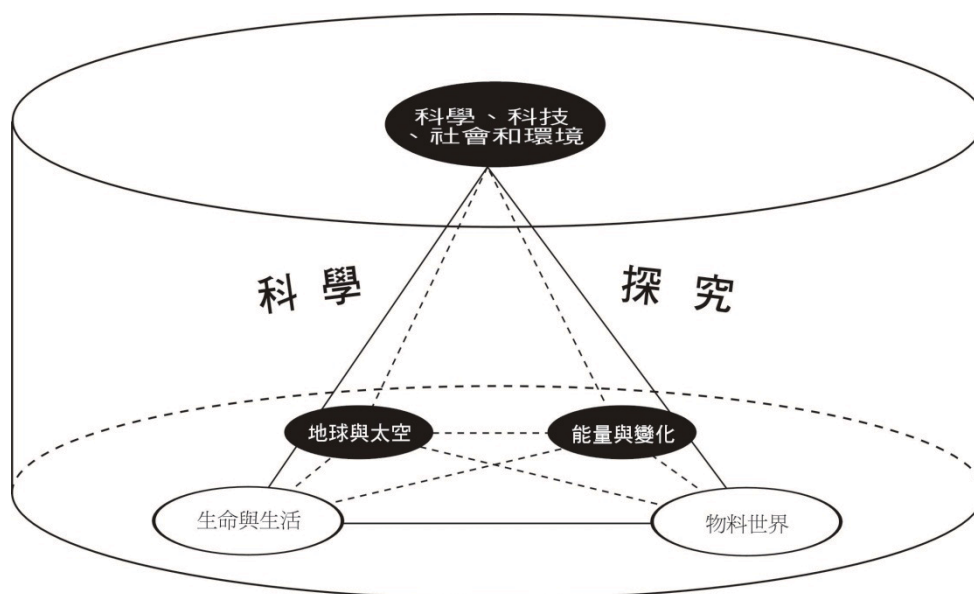


圖 1.1 科學教育學習範疇圖示

高中學制提供多條路徑銜接專上教育及就業，使每位學生均有機會踏上成功之路。圖 1.2 說明可行的路徑：

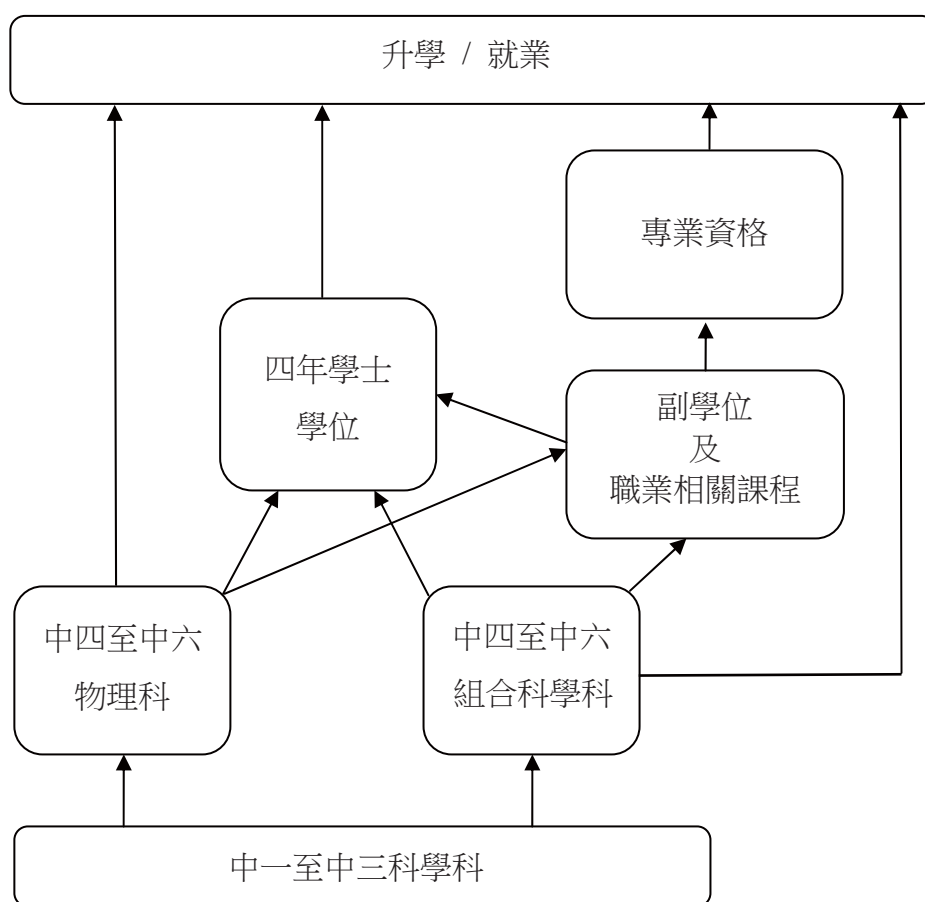


圖 1.2 升學及就業的各種路徑

本課程有助學生將來在大專院校繼續進修與科學有關，或其他重視本課程內的基礎物理學知識、技能，以及價值觀和態度的學位或副學位課程。在本科所學有關日常生活應用的物理學知識和技能可幫助學生有效地研讀各種與職業相關的課程。此外，在本科所學到的邏輯思維和解決問題的技能亦令學生在就業上更具競爭力。

(空白頁)

第二章 課程架構

物理科課程架構設定學生在高中階段須掌握的重要知識、技能、價值觀和態度。學校和教師在規畫校本課程和設計適切的學、教、評活動時，須以課程架構作依據。

2.1 設計原則

本課程的設計配合「334報告書」第三章和《高中課程指引》（課程發展議會，2009）第一冊內提出的建議，以及建基於下列原則。

(1) 先前已掌握的知識

本課程旨在延伸學生在初中科學科課程所掌握的知識、技能、價值觀和態度，以及學習經歷。初中科學科課程和物理科課程的課題有緊密聯繫。詳情請參閱第三章。

(2) 求取廣度和深度之間的平衡

本課程涵蓋不同課題，以期擴闊學生的視野。此外，課程亦讓學生對某些課題作深入的研習，為日後在科學和科技的相關範疇內繼續學習而作好準備。

(3) 求取理論和應用學習之間的平衡

本課程中概念知識的學習，有助學生建構穩固的物理學基礎，並期望學生能應用已學的概念和了解科學、科技、社會和環境的連繫，從而分析可能遇見的實際問題。

(4) 求取基要學習和靈活多元化課程之間的平衡

本課程的必修部分涵蓋學生所需的基要知識和概念，而選修部分則為學生提供有彈性的選擇，以照顧不同能力學生的興趣、志向和需要。

(5) 學會如何學習和探究式學習

本課程建議一系列學習活動，例如情境導向、科學探究、問題為本學習、議題為本學習和生活例子的嵌入，旨在培養學生自主學習和終身學習的能力，以促進學生了解當今的各種議題。

(6) 學習進程

在中四，學生可透過研習必修部分中某些課題來探索個人興趣，而這安排也有助學生順利地銜接中五和中六所選定的學科。詳情請參閱第三章。

(7) 更順暢地銜接不同出路和途徑

本課程銜接學術及職業/專業教育與培訓，和各高等及大學教育，或為學生投身社會工作而作好準備。

(8) 加強連貫性

本課程引入跨學科元素，以加強本科與其他學科的聯繫。

(9) 照顧學生的多樣性

學生有不同的志向、能力、興趣和需要。本課程設有不同的選修課題，讓學生根據個別興趣和需要選擇。同時，本課程的設計可讓學生按自己的步伐達到學習目標。

(10) 聯繫學生的生活

動機和興趣是有效和主動學習的基本因素。本課程的設計確保學習內容和活動與學生的生活息息相關。

2.2 學習目標

本課程的學習目標分為三個範疇：知識和理解、技能和過程、價值觀和態度。透過本課程的學習，學生將能達到相關的學習目標。

2.2.1 知識和理解

學生應能

- 了解物理現象、事實與規律、原理、概念、定律、理論和模型；
- 學習物理學詞彙、術語和法則；
- 獲取研究物理學時所需要的特有技巧和技能；
- 了解物理學在科技上的應用及其社會意義。

2.2.2 技能和過程

(1) 科學思維

學生應能

- 明辨事物和自然現象的各種表徵；
- 辨識自然界的各種模式和變化，從而預計可能的趨向；
- 查驗證據並藉邏輯推理，歸納出正確的結論；
- 適當地使用數學術語和方式展示物理學概念；
- 從探究自然現象的過程中，體會理論模式的基本作用和內涵；
- 當找到新的或相反的證據時，體會到舊的理論模式有修正的需要；
- 透過邏輯推理和實驗，檢驗各種理論和概念；
- 基於實驗證據，辨識偏見或誤解；
- 整合知識架構內的各種概念，並應用於新的情況。

(2) 科學探究

學生應能

- 提出關鍵中肯的問題；
- 提出解釋科學現象的假設，並制定方案，以作驗證；
- 明辨在探究中相關的自變量和因變量；
- 制定進行探究工作的計畫和程序；
- 選擇適當的方法和設備，從事探究工作；
- 準確如實地觀測和記錄實驗結果；
- 組織及分析數據，從觀測和實驗結果作出推斷；
- 使用恰當的繪製圖表方法，以顯示實驗結果，以及傳達概念；
- 製作報告，對探究結果作出結論和進一步的推測；
- 評估實驗結果，並明辨影響質量和可靠性的各種因素；
- 在需要時，制定進一步的探究計畫。

(3) 實驗操作

學生應能

- 設計和規畫實驗；
- 選取合適的儀器設備和材料；
- 根據步驟進行實驗；
- 適當並安全操控儀器；

- 充分應用儀器所容許的最高精確度進行量度；
- 認識所用儀器的各種限制；
- 闡釋觀察及實驗數據；
- 評鑑實驗方法並建議可行的改進方案。

(4) 解決問題

學生應能

- 闡明及分析物理學問題；
- 應用物理學知識和原理解決問題；
- 就有關問題提出創造性的理念或解答；
- 擬定解答問題的方案，並評估方案的可行性；
- 制定恰當的應付策略，以便應付可能出現的問題。

(5) 作出決定

學生應能

- 依據證據和論據作決定；
- 使用恰當的科學原理支持所作的判斷；
- 依據適當的理由作出抉擇。

(6) 資料處理

學生應能

- 尋找、蒐集、重整，分析和演繹一切源自圖書館、媒體、互聯網和多媒體軟件的資訊；
- 使用資訊科技，處理和展示資訊，並培養自主學習的習慣；
- 謹慎看待間接取得的資訊的準確性和可靠性；
- 明辨各種事實、意見和價值判斷，以便適當處理科學資訊。

(7) 溝通

學生應能

- 閱讀和理解有關物理學術語、概念和原理的文章；
- 使用恰當術語，就有關物理學的資訊，進行口語上、文字上或其他適當媒體上的溝通；
- 採用生動合理的方式，組織、展示和傳達物理學概念。

(8) 協作

學生應能

- 在小組討論中，主動參與、分享意見並提出建議；
- 在小組工作中，積極與他人連絡、討論和協商；
- 在小組協作的科學專題研習中，明辨小組的目標，界定及確認每個成員的角色和責任；
- 工作時認真負責，按時完成指定任務；
- 對小組成員的意見和建設性批評，持開放和歡迎的態度；
- 集合每個成員不同的長處，並加以擴充，儘量發揮小組的潛力；
- 願意支援小組中能力稍遜的成員，並尋求能力較強的成員支援；
- 運用適當策略在專題研習小組內高效率地工作。

(9) 自主學習

學生應能

- 錘煉研習的技能，以改進學習的效果和效率；
- 進行自主學習活動，以研習物理學；
- 培養適當的學習習慣、能力和積極的態度，為終身學習奠定基礎。

2.2.3 價值觀和態度

(1) 對己對人方面

學生應能

- 透過研習物理學，培養及秉持正面的價值觀和積極的態度，例如好奇、誠實、尊重實據、堅毅和容忍未證實的事物等；
- 培養自我反省的習慣和明辨性思考的能力；
- 樂意交流和評論有關物理學和科學的問題；
- 培養廣闊胸襟，並容忍和尊重即使是不合己意的主張和決定；
- 重視自己和他人的安全，並在日常生活中貫徹安全守則。

(2) 對待物理學和我們生活的世界

學生應能

- 鑒賞物理學的成就，及認識其限制；
- 認受物理學知識和理論所處的暫定狀態；
- 理性地運用物理學的知識和理解，對日常生活中的問題，作出明智的判斷和決定；
- 關注物理學的成就對社會、經濟、環境和科技所產生的影響。

(3) 對待終身學習

學生應能

- 認識科學知識繼續發展的本質所引致的結果，從而瞭解在科技世界中知識不斷更新的重要性；
- 關心科學、科技和物理學的新發展，並對其保持經常接觸和培養興趣；
- 在瞬息萬變、以知識為基礎的社會，體會終身學習的重要性。

圖 2.1 總結課程部分重要的學習目標。

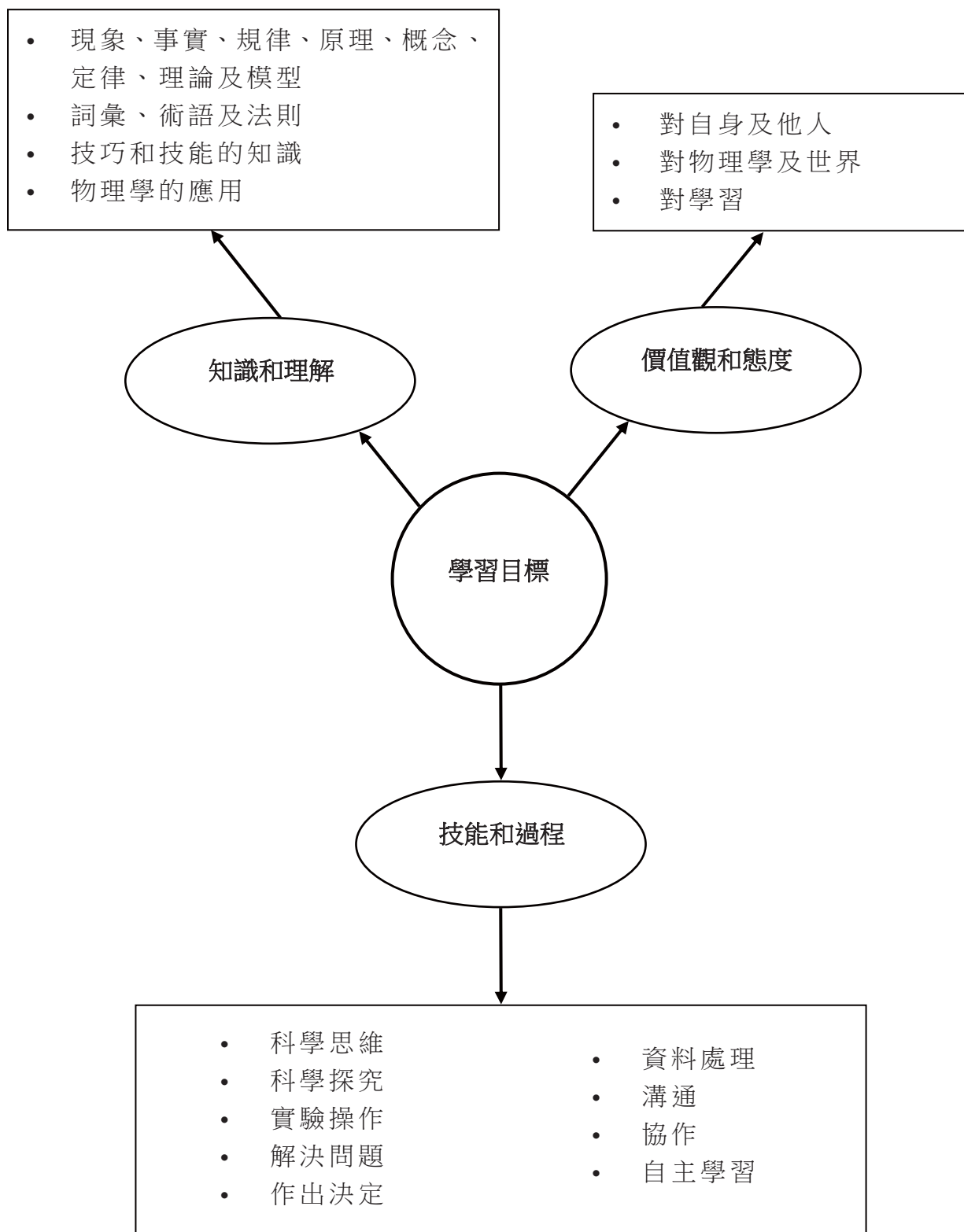


圖 2.1 物理科課程的學習目標

2.3 課程結構及組織

本課程包括必修和選修兩部分。必修部分涵蓋的內容，有助學生理解基本物理學原理和概念，並掌握科學過程技能。當中的課題包括「熱和氣體」、「力和運動」、「波動」、「電和磁」及「放射現象和核能」。

必修部分的內容分為核心及延展兩方面的課題。核心課題為所有學生的學習基礎，而延展課題則一般有更高的認知要求。對於某些學生，專注核心部分課程，利用較多的時間和精力以掌握基本的觀念及原理，可以減少壓力、提高效率，整體而言較為有利。對於另一些學生，延展部分的挑戰性，可提供更高的成就感。一個良好的、以學校為本的物理科課程，應能兼顧學生不同的興趣與能力，在學習的質和量之間取得平衡。此外，學校為學生提供選修課題時，須確保學生已掌握延展課題中的相關知識。

為了照顧學生的不同興趣、能力和需要，本課程設有選修部分。選修部分旨在讓學生對必修部分的某些課題有較深入的理解，對某些範疇作延伸學習或就某特定課題涉及的知識、理解和技能作綜合整理。其中的選擇有「天文學和航天科學」、「原子世界」、「能量和能源的使用」及「醫學物理學」。為幫助學生整合所獲得的知識和技能，學生需進行一個與本課程相關的探究研習，此項研習活動可利用部分課堂學習時間進行。

必修部分和選修部分的建議內容及時間³分配如下：

必修部分（共 184 小時）		建議課時（小時）
I. 熱和氣體	a. 溫度、熱及內能* b. 熱轉移過程* c. 物態的改變* d. 氣體	23

³通識教育科及每個選修科目的課時以 250 小時（或總時數的 10%）作為規畫的參考，學校可自行作彈性分配，以促進學與教的成效及照顧學生的需要。

「250 小時」是規畫各選修科目的參考基數，以滿足本地課程的需要，並符合國際基準。為了照顧學校不同能力和興趣各異的學生，特別是能力稍遜的學生，我們以往建議學校採用「270 小時」作初期規畫，讓教師有更多時間嘗試新高中課程的各種教學方法。若以每一個選修科目佔總時數的 10% 計算，則 2,500 小時是三年高中課程規畫的基礎，這時數貼近實況，亦與學校於短期檢討階段的意見一致。我們亦建議以 2,400±200 小時作為總課時的彈性範圍，以進一步照顧學校及學生的多樣性。

一直以來，學校投放於學與教的時間受多種因素影響，包括學校整體課程規畫、學生的能力及需要、學生的已有知識、教學及評估策略、教學風格及學校提供的科目數量等。學校應運用專業判斷，靈活分配課時，以達到特定的課程宗旨與目標，並配合校情及學生獨特的需要。

必修部分（共 184 小時）		建議課時 (小時)
II. 力和運動	a. 位置和移動* b. 力和運動* c. 拋體運動* d. 作功、能量和功率* e. 動量* f. 勻速圓周運動 g. 引力	50
III. 波動	a. 波的本質和特性* b. 光* c. 聲音*	47
IV. 電和磁	a. 靜電學* b. 電路和家居用電* c. 電磁學*	48
V. 放射現象和核能	a. 輻射與放射現象 b. 原子模型 c. 核能	16
小計：		184

* 在組合科學(生物、物理)和組合科學(物理、化學)之物理學部分包括這些課題的部分內容。

選修部分（共 50 小時，任選其中兩個課題）		建議課時 (小時)
VI. 天文學和航天科學	a. 不同空間標度下的宇宙面貌 b. 天文學的發展史 c. 重力下的軌道運動 d. 恆星和宇宙	25
VII. 原子世界	a. 盧瑟福原子模型 b. 光電效應 c. 玻爾的氫原子模型 d. 粒子或波 e. 窺探納米世界	25
VIII. 能量和能源的使用	a. 家居用電 b. 在建築和運輸業中的能源效率 c. 可再生和不可再生能源	25
IX. 醫學物理學	a. 眼和耳的感官 b. 非電離輻射醫學影像學 c. 電離輻射醫學影像學	25
小計：		50
探究研習（16 小時）		建議課時 (小時)
X. 物理科探究研習	學生必須進行一項探究活動，解決一個實質問題。	16
總課時：		250

整個課程的內容由九個課題和一項探究研習組成。由於物理學概念和原理往往是互相關連的，故學習時不應受課題的畫分所規限。本指引提供的課題次序僅供參考，教師宜按學生學習的需要，自行決定最合適自己教學方法的次序。例如，前列的課題可與較後的整合，又或若後面某課題的部分內容和前面的背景資料有關聯，便可安排提前學習。有關詳情請參閱第三章的建議學與教次序。

在每一課題的章節中，均包含以下五個部分：

概述 – 這部分是課題的簡介。提綱挈領地列出主要的概念和重要的物理學原理，扼要地說明各課題的重點及課題內各節或分題間的關係。

學生應學習和應能 – 這部分列出知識內容範疇，要求學生達到的預期學習目標（學生應學習）和學習成果（學生應能）。教師可利用這些課題為框架，設計各類型的學與教活動。有關學與教策略的一般原則和例子，可參閱第四章。

建議學與教活動 – 這部分對課題預期學到的各種技能作出建議，對若干重要的方法作出簡介。大部分的共通能力都可以透過各課題學習。學生須學會各種更廣闊的、而非局限於某一個別課題的技能。教師應運用專業判斷，安排實驗和學習活動，以培養學生掌握本章「學習目標」中所列出的各種技能；並且就各學生的能力和興趣，及學校的現實環境，適當地將各種技能的學習融匯於學習活動中。第四章會詳細對學與教策略作深入探討。

價值觀和態度 – 這部分建議可融入各課題的正面價值觀和積極態度。在學習物理學的同時，盼讓學生確立這些價值觀和態度。通過諸如討論和辯論，鼓勵學生作出價值判斷，以及培養良好習慣。

科學、科技、社會和環境的連繫 – 這部分建議一些與課題相關的議題為本學習活動。教師應鼓勵學生關心和理解與科學、科技、社會和環境相關的議題。通過討論、辯論、資料蒐集和專題研習等活動，培養學生在溝通、資料處理、明辨性思維和判斷等方面的技能。教師還可以自由選擇其他熱門的題目和議題，進行有意義的學習活動。

2.3.1 必修部分（共 184 小時）

I. 熱和氣體（23 小時）

概述

本課題研習有關熱能和能量轉移過程的概念，而這些概念對維持我們的生活質素至為重要。特別關注的是溫度、內能和能量轉移之間的分別和相互關係。本課題鼓勵學生對熱學問題中的各項重要概念，採取微觀的闡釋。

有關比熱容量的計算，可用以補充熱和能量轉移方面的理論。水具有高比熱容量這事實的重要性，可藉日常生活中的事例得以體驗。研究傳導、對流和輻射，可作為分析熱學中保存內能和能量轉移的基礎。學習有關物態變化的物理學，並藉著有關計算比潛熱的問題，可以幫助學生鞏固能量轉移方面的理論基礎。

理想氣體定律中涉及的壓強、溫度和其體積關係，是始於藉實驗得出的查理和波義耳定律。在一般溫度和壓強下，很多常見的氣體的表現非常接近理想氣體。理想氣體由於與真實氣體的行為接近，故此理想氣體定律能適用於研究氣體的性質。分子運動論能解釋氣體分子的動能與溫度的關係，以及用氣體分子的運動來說明氣體壓強的問題。

學生應學習

學生應能

a. 溫度、熱和內能

溫度和溫度計

- 認識溫度為物體冷熱程度的標誌
- 闡釋溫度為系統內分子無規運動平均動能的定量關係
- 解釋使用與溫度相關的物性量度溫度
- 定義和使用攝氏度為溫度的單位

熱和內能	<ul style="list-style-type: none"> • 認識熱是兩物體因溫差而引致的能量轉移 • 描述質量、溫度和物態對系統內能的影響 • 連繫內能與系統內分子無規運動的動能和分子勢能的總和
熱容量和比熱容量	<ul style="list-style-type: none"> • 定義熱容量 $C = \frac{Q}{\Delta T}$ 和比熱容量 $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ • 測定物質的比熱容量 • 討論水具有高比熱容量的實際重要性 • 解決有關熱容量和比熱容量的問題
b. 熱轉移過程	
傳導、對流和輻射	<ul style="list-style-type: none"> • 鑑定能量轉移的方式可分為傳導、對流和輻射 • 以分子運動闡釋傳導中的能量轉移 • 認識熱體所發射的紅外輻射 • 測定影響輻射的發射與吸收的因素
c. 物態的改變	
熔解和凝固， 沸騰和凝結	<ul style="list-style-type: none"> • 說出物質的三種狀態 • 測定熔點和沸點
潛熱	<ul style="list-style-type: none"> • 認識潛熱為在固定溫度下物態變化時的能量轉移 • 闡釋潛熱為物態變化時分子勢能的改變 • 定義熔解比潛熱 $l_f = \frac{Q}{m}$ • 定義汽化比潛熱 $l_v = \frac{Q}{m}$ • 解決有關潛熱的問題
蒸發	<ul style="list-style-type: none"> • 認識沸點以下的蒸發現象 • 解釋蒸發的冷卻效應 • 討論影響蒸發率的因素 • 以分子的運動解釋蒸發現象

d. 氣體普適氣體定律

- 認識氣體壓強的存在
- 查證波義耳定律
- 測定氣體的壓強-溫度和體積-溫度關係
- 以壓強-溫度或體積-溫度關係線圖的外插法測定絕對零度
- 用開氏度為溫度的單位
- 綜合氣體的三項關係 (p - V 、 p - T 和 V - T) 得關係
 $\frac{pV}{T} = \text{常數}$
- 應用普適氣體定律 $pV = nRT$ 解決問題

分子運動論

- 認識氣體分子的無規運動
- 認識氣體壓強是源於分子的碰撞
- 以分子的運動闡釋氣體的膨脹
- 說出理想氣體分子運動模型的假定
- 以 $pV = \frac{Nmc^2}{3}$ 認識理想氣體的微觀和宏觀的關係
並解決問題
- 以 $K.E._{\text{average}} = \frac{3RT}{2N_A}$ 闡釋理想氣體的溫度
- 認識在高溫及低壓條件下，真實氣體將表現為理想氣體模式
- 解決有關分子運動論的問題

(備註：底線為延展部分)

建議學與教活動

學生須掌握量度氣體溫度、體積、壓強和能量的實驗技能。憑藉本課題所學到的概念，了解在熱學實驗時取得準確量度的必要措施。鼓勵學生提出改進這些實驗準確性的方法，若提議中的研究方案可行，應安排學生付諸實踐。留意有些實驗須預先掌握電能的知識，才可以確切了解能量轉移的過程。

本課題強調線圖表述物理現象的重要性。學生應該學習選取恰當的標度繪製線圖，用線圖顯示實驗結果，以及從線圖的資料詮釋、分析和得出結論。學生尤其應該學習分析線圖的趨勢，用外插法確定絕對零度。學生也應學習從不同類型的數據來源整理和詮釋有關的資料。大部分的實驗和探究活動均會得出一套數據，可與課本或手冊上的數據作比較。

以下建議學生可能經歷的學習情境，可供參考：

- 用顯微鏡和攝錄機研究煙霧室中分子的無規運動
- 進行實驗，顯示如何運用一個具隨溫度變化性質的器件來量度溫度
- 校準溫度計
- 複製攝氏溫標的固定點
- 進行測量比熱容量和潛熱的實驗
- 量度水的熔解比潛熱（例如用一個家用電熱水壺，將水和冰混合物放在一個容器中加熱，或用一個冰量熱器）
- 進行實驗研究物質的冷卻曲線，並測定其熔點
- 進行實驗研究氣體體積、壓強和溫度的關係
- 測定影響蒸發率的因素
- 通過在廚房觸摸不同物質時產生的冷凍感覺，糾正一些日常生活中錯誤的觀念
- 通過設計和製造太陽灶，鞏固傳導、對流、輻射、溫室效應和熱容量的知識
- 安排適當競賽，挑戰學生對熱量轉移的固有觀念（例如用冰和飲料混合以達到最接近 4°C 的溫度）
- 用量綱分析來檢查運算結果的正確性
- 用模擬或模型來探究氣體的性質
- 閱讀關於中暑的文章和討論預防中暑的措施

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 了解家居中與熱有關的器具的正確用法，既可節省電費，又可節約能源
- 了解在熱量轉移時所涉及的巨大能量，養成在夏天使用空調和冬天使用取暖設備時的良好習慣
- 培養使用有利環保的另類能源的興趣（例如使用太陽能 and 地熱）
- 認識有關使用輻射電暖爐對家居安全的重要性，並在日常生活中貫徹安全的守則

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 溫室對農業的重要性及與「溫室效應」有關的環保議題
- 議題辯論：人類活動造成地球溫度漸升，引致地球兩極冰冠溶解的潛在危險，影響世界農業生產
- 設計「太陽灶」一類的專題研習，以此培養探究技能，以及提倡使用其他有利環保的另類能源的觀念

II. 力和運動 (50 小時)

概述

運動是人們生活中常見的現象。物理學的一個重要特點是描述物體如何運動和探究為甚麼會如此運動。本課題介紹有關運動學和動力學的力學基礎，以及運用物理學術語描述運動，亦將討論運動的各種線圖表述方式。學生將學習如何分析不同類型的運動，並解決較簡易的勻加速運動問題。學生也將學習在地球上物體作一維和二維運動的各種規律。

本課題包括慣性概念和牛頓運動第一定律的關係。力的簡易合成和分解，將用以顯示力的矢量性質。孤立物體圖將用於尋求作用於物體的淨力。探究牛頓運動第二定律中物體的加速度和淨力的關係。質量、重量和重力概念的介紹。牛頓運動第三定律則說明力本身的本質。對運動的研究伸展到二維的情況，包括拋體運動和圓周運動，並引出對引力的探究。

功是能量轉移的過程。藉探究機械功和能量轉移的概念，推導出動能和重力勢能。在物理學中，封閉系統內能量守恆是一個基本的概念。本課題藉著對能量轉移過程的探討，介紹能量守恆定律和了解功率的概念。學生將學習計算在碰撞問題中的動量和能量。課程也著重物體動量的改變跟撞擊時間及撞擊力的關係。

學生應學習

學生應能

a. 位置和移動

- | | |
|----------|--|
| 位置、距離和位移 | <ul style="list-style-type: none">• 以距離和位移描述物體位置的改變• 以運動物體的位移-時間關係線圖詮釋資料 |
| 標量和矢量 | <ul style="list-style-type: none">• 區別標量和矢量• 用標量和矢量展現不同的物理量 |
| 速率和速度 | <ul style="list-style-type: none">• 定義平均速率為特定時段內移動的距離和平均速度為特定時段內所作之位移• 區別瞬時及平均速率/速度• 以速率和速度描述物體的運動• 以運動物體的速度-時間關係線圖詮釋資料 |

	<ul style="list-style-type: none"> • 用位移-時間及速度-時間關係線圖測定物體的位移及速度
勻速運動	<ul style="list-style-type: none"> • 以代數和線圖的方法闡釋物體的勻速運動 • 解決有關位移、時間和速度的問題
加速度	<ul style="list-style-type: none"> • 定義加速度為速度的變化率 • 用速度-時間關係線圖來測定作勻加速運動物體的加速度 • 以運動物體的加速度-時間關係線圖詮釋資料
勻加速運動方程	<ul style="list-style-type: none"> • 推導勻加速運動的方程 $v = u + at$ $s = \frac{1}{2}(u + v)t$ $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ $v^2 = u^2 + 2as$ • 解決有關勻加速運動物體的問題
重力作用下的垂直運動	<ul style="list-style-type: none"> • 以實驗檢測自由落體運動，並估算重力加速度 • 以線圖詮釋有關在重力下作垂直運動的資料 • 應用勻加速運動方程解決有關垂直運動物體相關的問題 • 描述空氣阻力對重力作用下落體運動的影響
b. 力和運動	
牛頓運動第一定律	<ul style="list-style-type: none"> • 描述慣性的意義，以及它跟質量的關係 • 說出牛頓運動第一定律，並應用定律解釋物體處於靜止或勻速運動的狀況 • 明白摩擦力為一種阻礙運動/運動趨向的力
力的合成及分解	<ul style="list-style-type: none"> • 以圖解法和代數法求出共面力的矢量和 • 以圖解法和代數法將力分解為沿兩個互相垂直方向上的分量

牛頓運動第二定律	<ul style="list-style-type: none"> • 描述淨力對物體運動速率和/或方向的影響 • 說出牛頓運動第二定律，並以實驗查證公式 $F = ma$ • 用牛頓為力的單位 • 用孤立物體圖顯示作用於物體上的各個力 • 測定作用於物體的淨力 • 應用牛頓運動第二定律解決有關一維運動的問題
牛頓運動第三定律	<ul style="list-style-type: none"> • 認識力必定成對地作用 • 說出牛頓運動第三定律，並鑑定作用力與反作用力對
質量和重量	<ul style="list-style-type: none"> • 區別質量和重量 • 認識質量和重量的關係
力矩	<ul style="list-style-type: none"> • 定義力矩為力跟它與支點的垂直距離的乘積 • 討論轉矩和力偶的應用 • 說出剛體的受力平衡條件，並解決有關固定支點的問題 • 闡釋及以實驗測定物體的重心
c. <u>拋體運動</u>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>描述以某一角度投擲的拋體運動路徑的形狀</u> • <u>明白水平運動和垂直運動的各自獨立性</u> • <u>解決有關拋體運動的問題</u>
d. 作功、能量和功率	
機械功	<ul style="list-style-type: none"> • 闡釋機械功為能量轉移的一種 • 定義機械功 $W = Fscos\theta$ • 解決有關機械功的問題
重力勢能(P.E.)	<ul style="list-style-type: none"> • 說出重力勢能為物體因其重力作用下的位置而擁有的能量

	<ul style="list-style-type: none"> • 推導公式 $P.E. = mgh$ • 解決有關重力勢能的問題
動能 (K.E.)	<ul style="list-style-type: none"> • 說出動能為物體因其運動而擁有的能量 • 推導公式 $K.E. = \frac{1}{2}mv^2$ • 解決有關動能的問題
閉合系統中的能量 守恆定律	<ul style="list-style-type: none"> • 說出能量守恆定律 • 討論勢能和動能的相互轉移，並考慮能量損耗的情況 • 解決有關能量守恆定律的問題
功率	<ul style="list-style-type: none"> • 定義功率為能量的轉移率 • 應用公式 $P = \frac{W}{t}$ 解決相關的問題
e. 動量	
線動量	<ul style="list-style-type: none"> • 認識動量為一個有關物體運動的量，並定義動量為 $p = mv$
動量的改變和淨力	<ul style="list-style-type: none"> • 明白物體的動量改變，是因物體在一時段內受淨力作用而引起 • 闡釋力為動量的變化率（牛頓運動第二定律）
動量守恆定律	<ul style="list-style-type: none"> • 說出動量守恆定律，並連繫於牛頓運動第三定律 • 區別彈性和非彈性碰撞 • 解決有關一維動量的問題
f. <u>勻速圓周運動</u>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>定義角速度為角位移的變化率，並連繫於線速度</u> • <u>說出向心加速度 $a = \frac{v^2}{r}$ 並應用其解決有關勻速圓周運動的問題</u> • <u>認識勻速圓周運動的合力指向圓心</u>

g. 引力

- 說出牛頓萬有引力定律 $F = \frac{GMm}{r^2}$
- 定義引力場強度為每單位質量所受的引力
- 測定行星外圍某一點的引力場強度
- 測定物體在圓形軌道上的速度
- 解決有關引力的問題

(備註：底線為延展部分)

建議學與教活動

須培養學生各方面的實驗技能，包括使用各種測量儀器，如秒錶、數據記錄傳感器等，以量度時間和記錄物體的位置、速度和加速度。要求學生掌握量度質量、重量和力等的技能。數據處理的技能也非常重要，例如把位移和時間的數據，轉變成速度和加速度的資料。鼓勵學生以專題研習的方式，探討車輛的運動。本課題強調對物理現象的線圖表述方式。學生應學習如何選擇適當的標度繪製線圖、以圖表的形式顯示實驗結果，並對其進行解釋、分析，以及根據圖表資料得出結論。學生須特別掌握和了解某些線圖的斜率、截距和面積等的物理意義。學生應該學會從不同類型的數據來源整理和詮釋有關的資料，並將從實驗和探究活動得出的相關數據，與課本或手冊上的數據作比較。

以下建議學生可能經歷的學習情境，可供參考：

- 完成運動和力的實驗（例如使用打點計時器、頻閃照相、錄像運動分析和數據記錄儀）以及用線圖分析實驗結果
 - 用光欄或運動傳感器量度運動物體的速率和加速度
 - 從分析勻加速運動數據的圖像，推斷加速度、速度、位移和時間的關係
 - 用光欄或運動傳感器量度重力加速度
 - 用光欄或運動傳感器測定影響加速度的因素
 - 用力和運動傳感器測定力、質量和加速度之間的關係
 - 用頻閃照相或攝錄機分析拋體運動或圓周運動

- 用力傳感器測定作圓周運動的物體，其半徑、角速率和向心力之間的關係
- 完成能量和動量的實驗（例如對碰車、氣墊導軌上滑行的小車、氣桌上橡皮圓盤，從斜面上滾下的滾珠軸承，附有彈簧的下墜物）
 - 用光欄或運動傳感器量度物體在碰撞時的動量改變
 - 用光欄或運動傳感器和氣墊導軌來探究線動量守恆原理
 - 用力傳感器量度碰撞時的衝量
- 完成有關實驗以顯示在重力下的垂直運動是與水平運動無關的
- 完成探究機械能、功和功率關係的實驗
- 量度能量轉移率以測定電動機的輸出功率
- 估算在完成不同運動時所需的功（例如提起一本書、拉伸一根彈簧和攀上鳳凰山山峰）
- 估算各種運動物體的動能（例如超速車輛、短跑運動員和空氣分子）
- 探究在設計能量轉移器件時如何應用守恆原理
- 評估能量轉移器的設計（例如家用器具、升降機、自動扶梯和自行車）
- 用孤立物體圖組織和展示動力學問題的解答
- 處理與日常生活相關的問題（例如運動、交通運輸和溜冰）和解決方案，這些問題或許涉及數學處理
- 用量綱分析來檢查運算結果的正確性
- 藉提出啟發思考的問題，糾正學生一些自以為是的觀念（例如學生會以為在最高點的加速度為「零」，以及在太空穿梭機上的引力為「零」）
- 加強學生認識守恆定律的用處和優雅性，可用牛頓運動第二定律對運動問題的解答作比較
- 用模擬或模型法探究平面運動 (<http://modellus.co/index.php/en/>)
- 用香港海洋公園作為一個大實驗室，透過不同的體驗來探究運動定律和建立力學中各種不同的概念 (<http://www.hk-phy.org/oceanpark/index.html>)

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 認識車輛安全裝備的重要性，並在日常生活中貫徹遵守安全守則
- 認識高空墮物的潛在危險，並對公眾安全問題採取嚴謹的態度
- 認識不同的交通運輸模式對環境的影響，減少日常生活中的能源消耗
- 接受在物理世界中描述和說明運動的不確定性
- 以開放的態度，評估將力學原理應用於新科技中的可行性

- 鑑賞科學家為尋求更有利於環保的另類能源所作的努力
- 鑑賞重要科學理論的發展，如牛頓運動定律等，最終對科技和社會有重大的影響
- 鑑賞伽利略和牛頓在他們那個時代對科學思維的革命性貢獻
- 肯定科學和科技在探索外太空所扮演的角色，和人類在追求了解自然界所作的努力

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 能源使用對環境影響的議題
- 限制使用私家車以減少污染和能源消耗，從而保護環境
- 依據科學的基本原理，討論如何加強公眾對車輛的安全裝備的認識，及如何懲處不佩戴安全帶的司機和乘客
- 從動量和能量觀念，了解超速行車的危險、車輛意外引致傷亡的機會等
- 應用力學原理進行交通意外的調查
- 解決現代化交通運輸問題（例如在快捷與安全或方便與環保之間作出抉擇）
- 評估現代運輸工具設計的科技（例如汽車上的氣袋、輪胎上的刻槽、混合動力車和磁浮列車）
- 使用新科技器件，包括地球和太空飛行器（例如神舟載人飛船）
- 改良用於消閒活動和運動的器材
- 高空墮物的道德問題，根據物理學原理估計其潛在危險
- 應用運動學和動力學知識的職業

III. 波動 (47 小時)

概述

本課題旨在討論波的本質和特性。對光和聲音，將作較深入的探討。學生已熟悉能量從一個地方傳送到另一個地方時，同時會有物質轉移的例子。波動概念，須強調是能量而不帶物質的傳播方式。學生建立以物理學術語描述波動現象的基礎，學習行波的圖示方式，探討波動所顯示的各種基本特性；並用簡單的波陣面圖研究反射、折射、繞射和干涉等現象。

學生在兩個重要方面學習光的特定知識。一方面，光是電磁波譜的組成部分。另一方面，在沒有顯著的繞射和干涉效應時，光擁有直線傳播特性，可用於闡釋幾何光學範疇內像的形成；使用光線作圖法則，研究鏡和透鏡所產生的實像和虛像。

聲音是縱波，其一般特性將和光波作比較。本課題同時介紹超聲波，使用相關的波動術語描述樂音，以及研究噪音污染的影響和聲防護的重要性。

學生應學習

學生應能

a. 波的本質和特性

波的本質

- 以振盪闡釋波動
- 認識波動是能量而不帶物質的傳播方式

波動和波的傳播

- 區別橫波和縱波
- 使用以下術語描述波動：波形、波峰、波谷、密部、疏部、波陣面、相位、位移、振幅、週期、頻率、波長和波速
- 用行波的位移-時間和位移-距離關係線圖詮釋資料
- 測定波在沿張緊的絃線或彈簧上傳播時，影響波速的因素
- 應用公式 $f = \frac{1}{T}$ 和 $v = f\lambda$ 解決相關的問題

反射和折射	<ul style="list-style-type: none"> • 認識於平障礙物/反射物/表面上波的反射 • 認識波在平直交界面上的折射 • 檢測折射時波速的改變，並用波速定義折射率 • 畫出波陣面圖以展示反射和折射
繞射和干涉	<ul style="list-style-type: none"> • 描述波在穿過狹縫和繞過轉角處時的繞射 • 檢測狹縫寬度對繞射程度的影響 • 描述兩脈衝的疊加 • 認識波的干涉 • 區別相長和相消干涉 • 檢測由兩個相干源所發出波動的干涉現象 • 以程差確定相長和相消干涉的條件 • 畫出波陣面圖以展示干涉和繞射
駐波（只限橫波）	<ul style="list-style-type: none"> • 解釋駐波的形成 • 描述駐波的特性
b. 光	
電磁波譜中的光	<ul style="list-style-type: none"> • 說出光和其他電磁波在真空中的速率為 $3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ • 說出可見光的波長範圍 • 說出可見光和電磁波譜其他成分的相對位置
光的反射	<ul style="list-style-type: none"> • 說出反射定律 • 用作圖法繪畫平面鏡的成像
光的折射	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測折射定律 • 草繪光線在交界面折射時的路徑 • 認識 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 為介質的折射率 • 解決涉及在交界面發生折射的問題
全內反射	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測全內反射的條件 • 解決涉及在交界面發生全內反射的問題

透鏡的成像	<ul style="list-style-type: none"> 以作圖法繪畫聚透鏡和發散透鏡的成像 區別實像和虛像 應用等式 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ 解決有關單一薄鏡成像的問題 (使用實正虛負法則)
光的波動本質	<ul style="list-style-type: none"> 指出光為橫波的一個例子 認識以繞射和干涉現象作為光是波動的證據 檢測楊氏雙縫實驗中的干涉圖形 應用 $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$ 解決問題 檢測平面透射光柵中的干涉圖形 應用 $d \sin \theta = n \lambda$ 解決問題
c. 聲音	
聲音的波動本質	<ul style="list-style-type: none"> 認識聲音為縱波的一個例子 認識聲波有反射、折射、繞射和干涉現象 認識聲波需要藉著介質傳播 比較聲波和光波的一般特性
聽頻範圍	<ul style="list-style-type: none"> 測定聽頻範圍 檢測超聲波存在於聽頻範圍外
樂音	<ul style="list-style-type: none"> 以音調、響度和音品等術語比較樂音 連繫樂音的音調和響度，與頻率和振幅之間相應的關係
噪音	<ul style="list-style-type: none"> 以分貝表達聲強級 討論噪音污染的影響和聲防護的重要性

(備註：底線為延展部分)

建議學與教活動

學生應用各種物理模型，研究振動和波動，從而掌握有關的實驗技能。藉著示波器或電腦圖像，對波動的間接量度和顯示，培養學生的理解技能。學生應理解許多科學證明，皆由間接量度配合邏輯推演而取得。認識在研究物理學時，可以引用各種理論模型（例如：用於幾何光學成像的光線模型、解釋繞射和干涉現象的光學波動模型）。透過研究樂音的物理性質，學生可明白絕大多數的日常生活事例，都可以用科學觀點加以解釋。

以下建議學生可能經歷的學習情境，可供參考：

- 探究在彈簧上和水波槽中產生的波的性質
- 探究在長彈簧中，影響前進橫波波速的因素
- 測定水波槽中的水波速率，或沿拉緊的彈簧或絃線上前進脈衝波的速率
- 在長彈簧上演示橫波的疊加
- 用示波器演示波的疊加
- 用波的疊加原理，繪畫出兩列波干涉時的合成波
- 用雙縫或平面透射光柵來估算光的波長
- 用雙縫估算微波的波長
- 用肥皂膜演示干涉圖形
- 測定在雙縫實驗中，波長、縫距或縫至屏的距離對干涉圖形的影響
- 量度透鏡的焦距
- 用光線箱和光踪圖確定實像和虛像
- 用光線圖推測透過光學器件所形成的像的性質和位置
- 搜尋光學物理學的發展資料
- 討論日常生活中電磁輻射的一些應用和效應
- 用電腦模擬進行觀察和探究波的性質
- 探究聲波的頻率與波長的關係
- 進行實驗檢測斯涅耳定律
- 測定玻璃或有機玻璃的折射率
- 測定發生全內反射的條件
- 透過響度、音調和音品識別不同的聲音
- 用量綱分析來檢查運算結果的正確性

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 體會到科學的局限性，不可能永遠提供明確的答案；科學的發展需要堅毅、開放和懷疑的精神，一如過去數世紀物理學的發展，對光的本質出現過不同的闡釋
- 鑑賞科學理論的重要發展（例如對光學的探究），是經過幾代科學家堅毅不拔的刻苦鑽研，運用智慧、知識和技能所得到的成果
- 認識到長期處於極度嘈吵的環境，會影響健康，因而懂得力圖減少噪音對鄰居的騷擾
- 認識到正確使用微波爐的重要性，並在日常生活中貫徹遵守安全守則

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 有關使用流動電話產生微波輻射對公眾健康影響的議題
- 因污染物使大氣的臭氧層日漸稀薄，引致太陽紫外輻射大增，從而對人類生理的影響
- 本地的噪音污染問題
- 認識電磁波和電訊領域的科技發展對社會帶來的衝擊
- 以科學史上光學的研究發展為例，認識為社會帶來深遠影響的科技突破，如何啟發對基本物理學的新認識
- 藉顯微鏡、望遠鏡和 X-射線繞射等發明和發展，體會科技的進步，如何給科學研究注入動力，並有助闡明人類的起源，探索人類在宇宙中的地位

IV. 電和磁 (48 小時)

概述

本課題探討電學和磁學的基本原理。從電場與靜電力的聯繫，介紹電場的抽象概念。從電壓、電流、電阻、電荷、電能和電功率之間的關係，學習電路的基礎知識。在人們的生活中，電是家中的主要能源，電器已成為人們生活的一部分。因此，學生要學習電在家居的應用，尤其注意家居用電的安全。

把磁場的概念應用於電磁學。本課題介紹電流的磁效應，各種簡單磁場的圖形，影響電磁鐵強度的因素等。學生要了解載流導體在磁場中所受到的磁力，和電動機中的載流線圈在磁場中如何產生轉動。

本課題介紹電磁感應的一般原理。當導體和磁場作相對運動時就產生電能。發電機與電動機的過程相反，是把機械能轉變為電能。學生要學習簡單直流、交流發電機的運作原理，變壓器如何把交流電壓提升或降低，並了解對遙遠用戶輸送電能的體系。

學生應學習

學生應能

a. 靜電學

電荷

- 檢測自然界中兩種電荷存在的證據
- 認識電荷間的吸力和斥力
- 說出庫倫定律 $F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
- 以電子的轉移概念闡釋起電過程
- 解決有關點電荷間的力的問題

電場

- 描述點電荷周圍和帶電平行板之間的電場
- 以場力線表達電場
- 以電場解釋電荷間的相互作用
- 定義一點上的電場強度 E 為位於該點的正檢驗電荷上每單位電荷所受的力

-
- 說出點電荷周圍電場強度為 $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 和帶電平行板之間電場強度為 $E = \frac{V}{d}$ 並解決問題
-

b. 電路和家居用電

電流

- 定義電流為電荷的流動率
- 說出電流方向的協定

電能和電動勢

- 描述電路中能量的變換
- 定義電路中兩點間的電勢差(p.d.)為每單位電荷經過電源外該兩點時，從電勢能轉換而成其他形式的能量
- 定義電源的電動勢(e.m.f.)為每單位電荷通過電源時所獲得的能量

電阻

- 定義電阻 $R = \frac{V}{I}$
- 描述於金屬絲、電解質、燈絲燈泡和二極管上電流隨所施電勢差的改變
- 認識歐姆定律只為電阻的特殊表現
- 測定影響導線電阻的因素，並定義電阻率為 $\rho = \frac{RA}{l}$
- 描述溫度對金屬和半導體的電阻的影響

串聯和並聯電路

- 比較串聯和並聯電路中，每個元件兩端之電壓及通過其間之電流
- 推導串聯和並聯電路上電阻的合成規律

$R = R_1 + R_2 + \dots$	串聯接法
$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$	並聯接法

簡單電路

- 量度在簡單電路中的 I 、 V 和 R
- 設定任何接地點上的電勢為零
- 以實驗比較電源的電動勢及端電壓，並連繫電

	<p>源的內電阻與兩者的差別</p> <ul style="list-style-type: none"> • 解釋安培計和伏特計的電阻對量度的影響 • 解決有關簡單電路的問題
電功率	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測電流通過導體時的熱效應 • 應用公式 $P = VI$ 解決問題
家居電學	<ul style="list-style-type: none"> • 測定電器的額定功率 • 用千瓦特小時(kWh)為電能的單位 • 計算各種電器運作時所需的費用 • 明白室內電線佈置，並討論家居的安全用電 • 測定電器的操作電流 • 以額定功率討論電器傳輸電線和保險絲的選擇
c. 電磁學	
磁力和磁場	<ul style="list-style-type: none"> • 認識磁極間的吸力和斥力 • 檢測磁鐵附近的磁場 • 描述指南針在磁場中的行為 • 以場力線表達磁場
電流的磁效應	<ul style="list-style-type: none"> • 認識電荷運動和電流產生的磁場 • 檢測載流長直導線、圓形線圈和長螺線管所產生的磁場圖樣 • 應用公式 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ 和 $B = \frac{\mu_0 NI}{l}$ 作為載流長直導線周圍和長螺線管內的磁場，並解決相關的問題 • 檢測影響電磁鐵強度的因素

-
- | | |
|------------------|---|
| 磁場中所受的力 | <ul style="list-style-type: none"> • 檢測載流導體在磁場中會受到力的作用，並測定力、磁場與電流的相對方向 • 測定影響直載流導線在磁場中所受的力的因素，並以 $F = BIl \sin\theta$ 表達它所受的力 • 測定載流線圈在磁場中的轉動效應 • 描述簡單直流電動機的結構和它如何運作 • 解決有關處於磁場中的載流導體問題 • <u>以 $F = BQv \sin\theta$ 表達電荷在磁場中所受的力和解決問題</u> |
| 電磁感應 | <ul style="list-style-type: none"> • 檢測運動導體在穩定磁場中、或靜止導體在變化磁場中產生的感生電動勢 • 應用楞次定律測定感生電動勢/感生電流的方向 • <u>定義磁通量 $\Phi = BA \cos\theta$，並以韋伯 (Wb) 作為磁通量的單位</u> • <u>闡釋磁場 B 為磁通量密度</u> • <u>說出法拉第定律 $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，並應用其計算平均感生電動勢</u> • <u>以探察線圈檢測磁場</u> • 描述簡單直流及交流發電機的結構和它們如何運作 • 討論渦電流的產生及其實際應用 |
| <u>交流電(a.c.)</u> | <ul style="list-style-type: none"> • <u>區別直流電(d.c.)及交流電(a.c.)</u> • <u>定義交流電的方均根值為當該交流電經過電阻，在相同時間消耗相同能量的直流電值</u> • <u>連繫交流電的方均根值和峰值</u> |
| <u>變壓器</u> | <ul style="list-style-type: none"> • <u>描述簡單變壓器的結構和它如何運作</u> • <u>以方程 $\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$ 連繫電壓比和匝數比，並應用此方程解決相關的問題</u> • <u>檢測提高變壓器效率的方法</u> |

以高壓傳輸電能

- 討論以高壓交流電傳輸電能的好處
- 描述在功率傳送的電網系統中不同階段的升壓和降壓

(備註：底線為延展部分)

建議學與教活動

學生須掌握各種接駁電路的實驗技能，並運用各種電學儀器進行有關的量度，包括電流計、安培計、伏特計、萬用電錶、焦耳計、示波器和數據記錄傳感器等。學生須掌握裝設實驗的技能，以進行研究、演示和探察，例如電場、磁場和電磁感應等物理學概念。在製造電動機和發電機等物理模型的過程中，學生將學習有關設計和工程學的實際經驗。必須注意的是，在所有涉及市電和超高壓電源的實驗中，學生必須嚴謹策畫以避免觸電。安全恰當地運用儀器設備，是最重要的基本實驗技能。

以下建議學生可能經歷的學習情境，可供參考：

- 用簡單的靜電起電機和測試儀器演示電荷的相吸和相斥本質
- 探究在電荷周圍和兩塊平行帶電板之間的電場本質
- 簡單量度在電場中的等勢線，並繪畫電力線
- 用適當的儀錶量度電路中的電流、電動勢和電勢差，並計算未知電阻器的電阻值
- 通過求出跨電阻器兩端的電壓和通過的電流之間的關係，檢測歐姆定律
- 測定影響電阻器阻值的因素
- 比較歐姆元件、非歐姆元件和半導體的電阻值變化
- 設計和製成一個電路以展示一項簡單的功能
- 檢測真實或模擬電路，找出問題並建議作適當的改進
- 比較不同電學器件的效率，並建議提高效率的方法
- 用簡單的電流天平、探察線圈和霍耳探測器來量度磁場強度
- 演示在電磁器件中運動、力和磁場的方向關係
- 拆解一個揚聲器，測定各個部件的功能
- 探究電流周圍的磁場（例如長直導線的周圍，在線圈中心點處，在軟螺線管內部和周圍，以及在螺線管內部）

- 製作電動機和發電機電路套件
- 量度升壓或降壓變壓器的電壓變換
- 量度在已知強度磁場中的軌跡曲率半徑來估算荷質比(e/m)
- 計畫並選用適當的儀器或物料以演示交流電的產生
- 用電腦模擬來觀察並探究電場和磁場
- 用量綱分析來檢查運算結果的正確性
- 檢視在日常使用電器時的危險情況，並提出安全措施
- 探究家居電路中漏電斷路器的需要和功能
- 閱讀有關高壓傳輸電纜對附近居民的潛在危害的文章
- 搜尋常用的電器內使用的電阻器資料（例如音量控制器和調光開關）

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 鑑賞科學知識的應用，可以生產有用的產品，並可因此而改變人類的生活。無數有關電學的發明足以為此作出證明
- 體會科技設施的重要性，例如現代社會對電的依賴，以及如果有關設施失效，對人們生活造成的影響
- 基於經濟和環保的考慮，了解節約用電的必要性
- 致力於明智使用自然資源，培養為人類的持續發展承擔責任的意識
- 認識不適當用電而導致觸電和火警的危險，培養家居用電的良好習慣

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 生活在高壓傳輸電纜附近對健康的影響
- 市電的潛在危險，即使其可為社會提供唾手可得的能源和自動化的方便
- 作為傳統化石燃料汽車的另類選擇，電動汽車的環保意義和最新發展，以及政府在這方面應擔當的角色
- 一些環保人士主張人類必須回復到原始或自然的生活方式，減少對科技的依賴

V. 放射現象和核能 (16 小時)

概述

本課題探討有關核子的各種作用。致電離輻射在工業和醫學領域中用途十分廣泛，同時也對人類構成危害。輻射來自天然和人工的放射源。學生必須理解放射現象的起因和輻射的本質和性質。學生將學習各種檢測輻射的方法，與及鑑定周圍環境中本底輻射的主要來源。藉著有關半衰期的計算問題，學生可了解某些放射源對人類的長期影響。本課題引入劑量的概念，讓學生以均衡的角度，科學地考量電離輻射的潛在危險。

在原子模型中核素的基本結構是用符號表示的。本課題還介紹同位素的概念，以及自然中最強的能量來源—裂變和聚變。

學生應學習

學生應能

a. 輻射和放射現象

X-射線

- 認識 X-射線是一種致電離、貫穿能力強、而波長短的電磁輻射
- 認識 X-射線的產生源於高速電子撞擊重金屬靶
- 討論 X-射線的用途

α 、 β 和 γ 輻射

- 描述 α 、 β 和 γ 輻射的由來和本質
- 比較 α 、 β 和 γ 輻射的貫穿能力、射程、致電離能力、在電場和磁場中的行為和在雲室中的徑跡

放射衰變

- 認識不穩定核素中發生的放射衰變
- 檢測放射衰變的無規本質
- 說出樣本放射強度跟未衰變原子核數目的正比例關係
- 定義半衰期為放射性核數目減半所需的時間
- 以衰變曲線或數據測定放射同位素的半衰期
- 認識本底輻射的存在
- 解決有關輻射衰變的問題

	<ul style="list-style-type: none"> • <u>以衰變指數方程 $N = N_0 e^{-kt}$ 表達仍未衰變的原子核數</u> • <u>以衰變指數方程 $N = N_0 e^{-kt}$ 解決問題</u> • <u>連繫衰變常數和半衰期</u>
輻射探測	<ul style="list-style-type: none"> • 以感光底片和蓋革-彌勒計數器探測輻射 • 以蓋革-彌勒計數器探測輻射的計數率
輻射安全問題	<ul style="list-style-type: none"> • 以希沃特(Sv)為表達輻射的有效劑量的單位 • 討論致電離輻射的潛在危險性和減少吸收輻射劑量的方法 • 建議處理放射源的安全措施
b. 原子模型	
原子結構	<ul style="list-style-type: none"> • 描述原子的結構 • 定義原子序數為原子核中質子的數目，而質量數為原子核中質子加上中子的數目 • 以符號表示法表達核素
同位素和放射嬗變	<ul style="list-style-type: none"> • 定義同位素 • 認識某些元素存在著放射性同位素 • 討論放射性同位素的應用 • 以公式作為在 α、β 和 γ 衰變時的放射嬗變反應
c. 核能	
核裂變及核聚變	<ul style="list-style-type: none"> • 認識核裂變及核聚變時能量的釋放 • 認識原子核的連鎖反應 • 認識核聚變為太陽能的來源

質能關係

- 說出質能關係 $\Delta E = \Delta m c^2$
- 用原子質量單位為能量單位
- 測定核反應中釋放的能量
- 應用 $\Delta E = \Delta m c^2$ 解決相關的問題

(備註：底線為延展部分)

建議學與教活動

適當地提醒學生放射源的潛在危險，要求學生必須嚴格遵守學校使用輻射進行實驗時的規章。學生雖然不允許操作封閉式放射源，但可以藉使用蓋革-彌勒計數器參與探究本底輻射，以及學習有關的實驗技能。在教師的督導下，學生可進行用弱放射源製成的火警警報器的實驗，但必須採用恰當的程序和預防措施，避免從設備中意外拆卸放射源。輻射實驗將不可避免地涉及本底輻射，學生必須學會分析的技能，藉以作出有意義的結論。

以下建議學生可能經歷的學習情境，可供參考：

- 用蓋革-彌勒計數器量度本底輻射
- 用電腦模擬或擲骰子模擬放射衰變，演示樣本的放射強度和未衰變原子核數之間的正比例關係
- 用蓋革-彌勒計數器和放射源演示計數率的無規變化
- 鑑定天然輻射源，並探究為甚麼航機服務員和乘客更容易暴露於天然輻射中
- 測定高層建築物中氡濃度增加的因素
- 閱讀有關煙霧探測器等含有輻射物質的商業產品的規格說明
- 測定在醫療診斷中使用核輻射的好處並評估風險
- 建議正確處理放射性廢料的方法
- 從放射性強度-時間曲線估算半衰期
- 搜集有關應用放射性年代測定、放射性示踪劑、食物照射和產品消毒的使用資料
- 搜集有關使用核武的道德問題的資料
- 比較用核反應堆發電和用其他方法發電的成本與效益
- 搜集有關核事故的資料並作出報告

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 透過原子模型的例子，體會物理學模型和理論的用處；並鑑賞大自然的奧妙
- 體會明智地使用自然資源的需要，以保障將來人類生活的質素
- 與化石燃料相比，了解使用核能的利弊
- 認識使用輻射的不同觀點：輻射應用於科學研究、醫學、農業和工業等各方面的好處，以及輻射的潛在危險
- 認識社會上對於爭議性議題存在不同的觀點，學習尊重他人的相反意見；面對爭議性議題時，例如核能的使用，會採取科學的態度

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 核能的使用，當中涉及科學和科技發展對社會的複雜影響
- 在戰爭中使用各種大規模破壞性武器的道德問題
- 有關核威懾的政治議題
- 在核能的發展上，科學家在釋放自然界的巨大能量上的角色、責任及相關的道德問題
- 核武器的試驗和屯積
- 核裂變反應堆的使用，以及衍生的放射性廢料和輻射洩漏等相關的問題

2.3.2 選修部分（共 50 小時，任選其中兩個課題）

VI. 天文學和航天科學（25 小時）

概述

天文學是歷史上最早出現的科學。早期天文學家所發展的觀測方法和思考方式，成為科學方法的基礎，影響了後來的科學發展。在文藝復興時期，人們對完美宇宙模型的追求，導致了牛頓發現萬有引力定律和運動定律，對後來物理學的快速發展產生了深遠的影響。牛頓和其他科學家在三百多年前所發展的研究方法——用數學形式表達物理定律，並以此推斷自然現象，再以觀察和實驗來驗證有關的推斷，已成為現代物理學的研究範式。物理學也成為現代天文學的基石，徹底改變了人們對於宇宙和人類存在的觀念。現代航天科學的發展，例如發射太空船和人造衛星到太空，亦建基於牛頓物理學。本課題通過學習天文學의各種現象和航天科學的知識，讓學生認識物理學的原理和科學方法，以及鑑賞歷史上物理學和天文學的關係及其相互影響。

本課題首先簡要介紹在不同空間標度下宇宙的面貌，鼓勵學生作簡單的天文觀察和量度。從學習過程中，學生可掌握實驗技巧，以及對量度和所容許的誤差具備基本的概念。對地心說和日心說的簡要評述，亦可啟發學生對科學假說如何建基於觀察作明辨性思考。

本課題用天文學的例子，介紹開普勒第三定律和牛頓萬有引力定律，並使用萬有引力定律和有關勻速圓周運動及向心加速度等概念來推導在圓形軌道下的開普勒第三定律。除了行星，月球及衛星的運動，亦可利用天文學上的最新發現去闡釋有關定律的應用。

本課題也應用了質量和重量的概念。太空船在繞地球運動的軌道上所產生的無重狀態，可以利用在重力作用下加速度與質量無關的事實來說明。

從萬有引力定律和功能原理可得出引力勢能的表達方式，機械能守恆定律亦可解釋人造衛星在軌道上的運動。本課題也同時介紹逃逸速度的概念，及此概念與火箭升空的關係。

在本課題的最後部分，讓學生涉獵一些天文學上的發現，包括恆星的基本性質和分類，以及宇宙膨脹等。本部分著重學生以簡單、具啟發性與定性

的方式理解有關課題，鼓勵學生主動閱讀科普文章及注意天文學發展的新資訊，從而提高自學能力。同時，本課題要求學生以口頭報告或書面陳述所學到的知識，藉以提高他們的溝通技能。

學生應學習

學生應能

**a. 不同空間標度下的
宇宙面貌**

宇宙結構

- 用「10 的次方」方式，描述不同空間標度下天體的基本屬性和層階組織，如衛星、行星、恆星、星團、星雲、星系和星系團
- 定義光年及天文單位等基本術語以描述空間標度

b. 天文學的發展史

行星運動模型

- 比較日心說和地心說對在天球上的行星運動所作的解釋
- 描述伽利略的天文發現及討論其影響
- 以開普勒定律描述行星運動

c. 重力下的軌道運動

牛頓萬有引力定律

- 應用牛頓萬有引力定律 $F = \frac{GMm}{r^2}$ 解釋天體的圓形軌道運動
- 從牛頓萬有引力定律推導圓形軌道下的開普勒第三定律 $T^2 \propto r^3$
- 說出在橢圓軌道上的開普勒第三定律 $T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM}$
- 應用開普勒第三定律解決與圓形和橢圓軌道相關的問題

無重狀態

- 解釋軌道上太空船內表現的無重狀態為引力加速度與質量無關的結果

能量守恆

- 闡釋引力勢能的意義及其表達式 $U = -\frac{GMm}{r}$
- 應用機械能守恆定律解決與天體及太空船運動相關的問題
- 測定天體的逃逸速度

d. 恆星和宇宙

恆星的光度和分類

- 以視差法測定天體的距離
- 用秒差距 (pc) 為距離的單位
- 認識星等為天體亮度的一種量度
- 區別視星等和絕對星等
- 以黑體輻射曲線描述恆星的表面溫度對它的顏色和光度的影響
- 認識在恆星光譜中存在著光譜線
- 說出恆星的主要光譜型 O B A F G K M 並連繫其與恆星的表面溫度
- 說明斯特藩定律並由此導出圓球黑體的光度 $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$
- 在赫羅圖中以恆星的光度和表面溫度表示恆星的分類資料
- 用赫羅圖和斯特藩定律估算恆星的相對大小

多普勒效應

- 認識多普勒效應，並應用 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \approx \frac{v_r}{c}$ 測定天體的徑向速度
- 在細小天體圍繞大質量天體的圓形軌道面上，用徑向速度曲線測定其軌道半徑、速率和週期
- 連繫星系旋轉曲線和暗物質的存在
- 連繫紅移和宇宙膨脹

建議學與教活動

本課題期望學生學習基本的天文觀測技巧。天文觀測能啟發學生的想像力，和增加學生了解宇宙奧祕的興趣。天文觀測也可以幫助學生掌握實驗技巧和科學探究的技巧。學生可以用肉眼觀察天空中的天體視運動，也可以用望遠鏡或雙筒望遠鏡研究月面特徵、行星和深空天體。他們也可以用簡單的攝錄工具，例如數碼照相機、網絡視像鏡頭和與電腦連接的電荷耦合器（簡稱 CCD），記錄觀測結果。專題探究可以提高學習興趣和投入感。太空館、大學和本地很多機構都提供天文觀測儀器和由專人作觀測指導的活動。這些機構亦歡迎團體參觀和為熱愛天文的教師提供培訓。

數據處理如將天體的徑向速度轉化為它們的軌道運動資料，是很重要的分析技巧。由於儀器、時間、天氣和光污染等因素的限制，要學生獲取有用的觀察數據以作分析是頗為困難的。這時，電腦模擬可作為輔助工具，強化學生對分析性內容的理解，並培養他們獲取及分析數據的能力。美國太空總署 (NASA) 網頁載有各類天文電腦模擬工具、大量天文圖片及影片等資源，可供自由下載。適當的軟件，例如運動錄像分析軟件，也有助學生進行有用的分析。本課題亦強調將所學習的內容和現代天文學的發現相互聯繫，幫助學生鑑賞物理學原理的重要性，認識物理學是不斷發展的科學，並且了解新的發現主要建基於以往的穩固基礎之上。

學生除了獲得實驗技巧和分析技巧外，亦可以從較深入的課題學習天文學的新發現，擴闊對現代科學的視野。學生不需要深入探究這些較高深的科學課題，但應該嘗試對有關課題作簡單、具啟發性和定性的了解，藉此窺探宇宙的奧妙，以及鑑賞科學家在這些重要發現所付出的努力。現時，網上提供大量有關天文學的學與教資源和文章，學生可以通過學習這些材料，提高自學能力，並透過與同學分享所學知識的過程中，提高個人的溝通技巧。

以下建議學生可能經歷的學習情境，以供參考：

- 觀測天文現象
 - 用肉眼觀星，認識星座及天體的視運動
 - 用肉眼觀測流星雨
 - 用小望遠鏡觀測月球表面
 - 用小望遠鏡觀測月蝕
 - 用小望遠鏡觀測一些主要行星的特徵（例如木星的帶紋和衛星、金星的位相、火星的極冠和土星的光環）

- 用小望遠鏡觀測特殊的天象（例如火星大衝和金星凌日）
- 用小望遠鏡觀測明亮的彗星
- 用小望遠鏡觀測雙星和變星
- 用小望遠鏡觀測深空天體
- 以投影法觀測太陽的特徵（黑子與米粒等）和日蝕
- 用數碼照相機、網絡視像鏡頭或連接電腦的電荷耦合器(CCD)記錄上述天體的位置或特徵
- 建議的學習活動
 - 製造日晷量度時間
 - 用一個透明的碗描繪太陽在天球中周日運動的路徑。透過太陽在不同季節的周日運動的路徑，使學生了解太陽在天空中的高度和日照時間如何隨季節變化（參考：http://www.ied.edu.hk/apfslt/issue_2/si/article4/a4_1.htm）
 - 記錄木星的伽利略衛星的位置。學生可以使用木星的大小作參考長度，估計衛星的週期及軌道半徑。為避免觀察的技術困難，學生可以用美國太空總署(NASA)提供的太陽系模擬軟件 (<http://space.jpl.nasa.gov/>) 和運動錄像分析軟件 (<http://www.hk-phy.org/mvas>) 在電腦上對木衛的位置作虛擬分析。也可以用這種方法驗證開普勒第三定律。（參考：<http://www.hk-org/astro/tcs.zip>）
 - 用數碼照相機在幾個月內記錄行星或小行星在天空中的位置。學生可以用星圖估計行星或小行星的座標，並使用標準天文學軟件來分析行星的軌道。
 - 記錄太陽黑子。學生可以觀察太陽的投影，並在一段時間內繪畫太陽黑子，從而了解太陽自轉和黑子的變化。在一段時間內記錄太陽黑子的相對數目，也能揭示了太陽活動的變化。
 - 研究有關神舟載人飛船的物理現象。神舟飛船的歷史之旅，包含很多高中學生也能理解的有趣物理現象（例如發射太空船時，推進力和加速度的關係、太空船繞地球的軌道運動、太空船內的失重狀況、返回艙的減速與回歸、返回艙所受空氣阻力效應、從大氣層返回地面時的通訊問題）。分析太空船的數據能生動地展示各種物理學原理。學生在研究太空船的升空運動時，也可以用運動錄像分析軟件作分析。
 - 研究人造衛星的軌道數據，也是了解牛頓力學的有趣應用。學生可以查閱衛星出沒的時間，在黃昏進行實際觀測。
 - 用光譜儀和合適的濾光片觀察太陽光譜，可易於看見一些較為明顯的吸收光譜線。
 - 研究天體系統的徑向速度曲線（例如具有系外行星的恆星、雙星系統中的黑洞），由此展示天文學的最新發展。學生可以從曲線分析出的資料，以及開普勒第三定律，估計雙星系統中未知成員的質量和軌道半徑，亦讓學生理解這些估計的重要性，包括導致奇異天體的發現和

對尋找地球外生命的啟示

- 研習有關天文學最新發現的文章，促進學生對現代科學的興趣，並提高他們的自學能力；鼓勵學生在班上作口頭報告或書面陳述，分享學習心得
- 參觀香港太空館。學生可以分組負責收集館中展覽廳的某一特定天文課題的資料，然後在全班作簡短的報告。
- 與本地天文機構、天文觀測站和博物館接觸，例如
 - 香港太空館 (<http://hk.space.museum>)
 - 可觀自然教育中心 (<http://www.hokoon.edu.hk>)
 - 香港中文大學中心鄧雁玲科普中心 (<http://cuhk.edu.hk/ccc/tnlcenter>)
 - 坐井會 (<http://www.skyobserver.org>)
 - 香港天文學會 (<http://www.hkas.org.hk/links/index.php>)
 - 香港觀天會 (<http://sohk.org.hk>)
- 為有關活動提供有用資源的教育網頁，例如
 - 每日天文圖片 (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>)
 - 美國太空總署 (<http://www.nasa.gov/home>)
 - 哈勃太空望遠鏡新聞中心 (<http://hubblesite.org/newscenter>)
 - 錢德拉 X-射線天文台 (<http://www.nasa.gov/centers/marshall/news/chandra>)
 - 美國噴射推進實驗室 (<http://www.jpl.nasa.gov/index.cfm>)
 - 美國太空總署地球觀察站 (<http://earthobservatory.nasa.gov>)
 - 國家航天局 (<http://www.cnsa.gov.cn>)
 - 中國科學院國家天文台 (<http://www.bao.ac.cn>)

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 鑑賞宇宙的奧妙，並了解人類在宇宙中的位置
- 鑑賞天文學是一門涉及浩瀚時空，及追尋宇宙及生命起源的科學
- 鑑賞細心觀察、實驗和分析如何啟發重要的科學發現，及其對自然界的概念帶來的革命性改變
- 鑑賞物理學是一門不斷發展和更新的科學，新的發現往往建基於以往發展的穩固基礎上
- 鑑賞歷史上著名科學家的智慧和貢獻，以及由此帶給人們對宇宙及人類的更深入了解
- 接受描述和解釋物理現象時的不確定性

- 接受測量和觀測的不確定性，但仍可從測量和觀測的數據和資料中得出有意義的結論
- 有能力對現代科學的進步作簡單、概括和富啟發性的理解，即使所涉及的課題已超出一般人的理解能力
- 認識終身學習的重要性，明白在這個快速增長的知識型社會中，更應該加強自學的能力
- 鑑賞科學和科技在人類探索宇宙的過程中所扮演的角色，以及人類在探索大自然的過程中所作出的努力
- 注意日常生活的科學現象及其科學解釋

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 研究天文學促進現代科學的發展，並最終改變我們的生活方式
- 科技發展、現代科學進步和人的生活之間的相互關係
- 天文現象對我們生活的影響（例如太陽最活躍時會影響地球上的通訊和電力輸送）
- 光污染對天文觀測、環境和生活方式的影響
- 來自天外的災難與人類作出的反應（例如一顆大隕星的撞擊會引起地球上大批生物滅絕）
- 現代科技在航天科學上的應用，包括人造衛星和太空船等
- 探測太陽系中的行星，使我們反省一些地球環境的保護問題（例如金星上失控的溫室效應與地球上全球暖化的比較）
- 航天科學進步為人們帶來的啟示，及其對社會的影響（例如神舟載人飛船）

VII. 原子世界 (25 小時)

概述

組成一切物質的最小粒子的本質，是科學家長期以來一直熱烈討論的問題。這一討論從古開始，經過 20 世紀初激動人心的年代，一直延續至今。經典物理學認為粒子和波兩者有本質上的區別。物質是由極小的粒子組成的；而波，例如可見光、聲音和熱輻射，其行為則與粒子極不相同。在 19 世紀末，粒子和波被視為風馬牛不相及的兩類事物。

當科學家對物質的本質越仔細觀察時，越被一些矛盾的現象弄得無所適從。他們發現在原子中有一些用經典力學和經典電磁學無法解釋的現象，更遑論解釋原子的存在。對原子結構和光及電子的性質的理解，揭示了光這種人們熟知的波，會顯示出粒子的特性；而電子，人們所熟知的粒子，則又會顯示出波的特性。

在本選修課題中，學生會學習有關原子模型的發展、玻爾的氫原子模型、原子能級、光譜線的特徵、光電效應、光的粒子行為及電子的波動本性，即波粒二象（二重）性。通過學習這些物理學概念和現象，學生將了解微觀世界中的量子觀點，從而知道物理世界中經典和現代觀點的差別。學生也會鑑賞科學基於證據、不斷發展和可被推翻的本質。

近年來，現代物理學的進步，使材料科學快速發展並大量被應用。本選修課題將簡要介紹納米科技，討論透射電子顯微鏡(TEM)和掃描隧穿顯微鏡(STM)的使用和優點，以及納米結構的應用。

雖然直至 20 世紀物理學才出現納米科技，但納米科技的應用已經有好幾百年的歷史了。例如，納米標度下的金和銀微粒早已在 10 世紀時就用作玻璃的染色顏料。由於對其基本原理有更多的認識，近年來更多的納米科技獲得應用，包括使用納米線和納米管於建築材料、電子和顯示元件上；用於防曬液和化妝品的納米粒子，以吸收和反射紫外線；在玻璃上塗上一層二氧化鈦的極小顆粒，製成自動清潔的玻璃窗。

正如所有最新發展的領域一樣，自由納米粒子和納米管對環境的影響，暫時所知不多。納米科技的應用會否帶來對健康的損害，正在引起人們的關注。因此，學生須知道使用納米科技時，有可能引起危害，必須關注其中的風險、涉及人們生命和社會安全的問題。

選修本課題時，學生要具備力、運動和波的基本知識；有關電子共價鍵的一些基本概念亦有助理解納米材料的結構及其特性；電磁力、電磁感應和電磁波譜方面的知識亦為基本要求。

學生應學習：

學生應能：

a. 盧瑟福的原子模型

原子結構

- 描述盧瑟福的原子模型的建構，當中的原子由一個原子核和電子組成
- 說出盧瑟福原子模型在解釋電子繞核運動和線狀光譜的局限性
- 認識散射實驗在發現原子結構方面的重要性的和在搜尋新粒子方面的影響

b. 光電效應

光量子的證據

- 描述光電效應實驗及其結果
- 說出以光的波動模型解釋光電效應的限制

愛因斯坦對光電效應的解釋和光電方程

- 說出光子能量 $E = hf$
- 描述已知頻率入射光的強度與光子數目的關係
- 使用愛因斯坦光電方程 $hf - \phi = \frac{1}{2} m_e v_{\max}^2$ 解釋光電效應
- 認識光電效應是光具粒子本質的證據
- 使用 $E = hf$ 及愛因斯坦光電方程解決有關問題

c. 玻爾的氫原子模型

線狀光譜

- 描述氫原子和其他單原子氣體的線狀光譜特徵
- 用能量差異來解釋光譜線
- 認識氫原子的能量只能取某些定值
- 認識線狀光譜是解釋原子能級的證據

玻爾的氫原子模型

- 說出定義玻爾氫原子模型的公設

學生應學習：

學生應能：

	<ul style="list-style-type: none">• 區別玻爾氫原子模型的公設中「量子」和「經典」的觀點• 認識 $m_e v r = \frac{nh}{2\pi}$ 這公設為電子繞氫核運動時的量子化角動量。其中 $n = 1, 2, 3, \dots$ 是電子在第 n 個玻爾軌道上的量子數的標號• 認識氫原子中電子的能量方程為$E_{tot} (= -\frac{1}{n^2} \left\{ \frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \right\}) = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$• 使用電子伏特(eV)作為能量單位• 區別電離能量和激發能量• 應用 $E_{tot} = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$ 解決有關問題
對線狀光譜的詮釋	<ul style="list-style-type: none">• 用玻爾電子能量方程和 $E=hf$ 導出一個電子從一個能級躍遷到另一個能級時，發射或吸收光子的波長的表達式為 $\frac{1}{\lambda_{a \rightarrow b}} = \frac{13.6 \text{ eV}}{hc} \left\{ \frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2} \right\}$• 運用玻爾電子能量方程闡釋線狀光譜• 應用 $E=hf$ 和 $\frac{1}{\lambda_{a \rightarrow b}} = \frac{13.6 \text{ eV}}{hc} \left\{ \frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2} \right\}$ 解決有關問題
d. 粒子或波	<ul style="list-style-type: none">• 認識電子和光的波粒二象性• 描述電子和光皆顯示出波和粒子性質的證據• 用德布羅意公式 $\lambda = \frac{h}{p}$ 連繫有關電子的波和粒子的性質• 應用 $\lambda = \frac{h}{p}$ 解決有關問題
e. 窺探納米世界	
納米標度下材料的物理性質	<ul style="list-style-type: none">• 明白納為 10^{-9}• 認識納米材料有不同的形式，例如納米線，納米管和納米粒子• 認識當材料的大小減至納米標度時會表現不

學生應學習：

學生應能：

-
- 在納米標度下觀察
- 描述光學顯微鏡在觀察微細物質時的局限
 - 描述透射電子顯微鏡(TEM)如何運作
 - 指出在透射電子顯微鏡中使用電場和磁場與在光學顯微鏡中使用透鏡的相類之處
 - 估算以透射電子顯微鏡使電子加速至其波長為原子數量級的陽極電壓
 - 以瑞利判據的最小分析能力 $\theta \approx \frac{1.22\lambda}{d}$ 解釋透射電子顯微鏡在高解像度上的優點
 - 描述掃描隧穿顯微鏡(STM)如何運作以觀察納米粒子（不需討論隧道效應原理）
- 納米科技的新近發展
- 描述納米科技在日常生活中的應用和新近的發展
 - 討論使用納米科技時的潛在危險、涉及的風險，以及對生命和社會所帶來的安全問題

建議學與教活動

學生可以循發現原子的歷史過程進行本課題的學習，藉此增加對原子結構、電子的能級和光的量子化能量的知識；認識盧瑟福、玻爾和愛因斯坦等物理學家在探索原子和光的本性方面的工作；明白科學家互相合作在探究和發現自然本質的重要；明白盧瑟福採用經典力學概念說明電子繞核運動和線狀光譜時的局限性。學生亦應意識到在探索原子結構時使用高能粒子作散射實驗的重要性，這類型的實驗促使二十世紀很多新粒子的發現，包括質子和中子，以及核子的內部結構，即夸克的發現。由於發現了光電效應和愛因斯坦的解釋，證實了光的粒子本性。學生可以用實驗或電腦模擬詳細了解光電效應和電子繞射。玻爾關於原子中電子只能具有分立能級的公設，應作為顯露物質量子性的第一步，而單原子氣體的線狀放射和吸收光譜則作為電子能級的證據。學生也應認識電子和光的波粒二象性如何成功地解釋各種觀察到的現象。

學習本選修課題後，學生應了解納米科技的發展及其對人們日常生活的貢獻。學生應能認出物質在納米標度下的一般形態，即納米粒子、富勒烯（碳

簇)、納米管和納米線。納米材料在不同的結構下將呈現特殊的物理特性；碳原子為一適切的元素用以闡明因不同形式的結構呈現不同的物理特性。他們會鑑賞並初步理解如何用先進儀器，如透射電子顯微鏡(TEM)和掃描隧穿顯微鏡(STM)，觀察納米標度下的物體。介紹掃描隧穿顯微鏡能讓學生理解概率是原子世界的決定性因素，並了解這是有別於古典力學確定性的觀點。

本課題鼓勵學生進行有關納米科學和納米科技發展及其對社會和日常生活影響的專題探究。通過社會議題，讓學生知道納米科技的應用所產生的道德和其他潛在的問題（如健康）。學生也應欣賞先進科技的優點和貢獻，同時也應明白其局限和對人們日常生活的影響。

以下建議學生可能經歷的學習情境，以供參考：

- 進行盧瑟福原子模型的實驗
 - 使用根據引力的平方反比定律模擬 α 散射的儀器，研究盧瑟福散射
- 進行光電效應實驗
 - 用光電池（鎂條）找出臨閾頻率
 - 用光電池測量單色光的遏止電勢
 - 用光電池測量不同色光產生的光電子能量
 - 探究光強度與光電子能量的關係
 - 推導臨閾頻率、截止電壓和電子動能的關係
- 進行弗蘭克—赫茲實驗展示原子能級的分立性
- 進行實驗觀察吸收和發射光譜
- 使用圖像、照片、電腦模擬和電腦程式提高學生對有關概念的理解，包括
 - 盧瑟福的原子模型
 - 玻爾的模型
 - 發射光譜
 - 吸收光譜
 - 弗蘭克—赫茲實驗
 - 光電效應
 - 電子繞射
 - 解像度的限制
- 採用以下的方式，闡明電子共價鍵的基本特性
 - 以球和棒建構模型
 - 以電腦模擬和電腦程式展現簡單共價鍵分子的二維及三維圖像
- 進行實驗表明兩個單色點光源繞射圖形如何顯示解像度的限制
- 進行瑞利判據進行人眼繞射極限的估算，例如虹膜的直徑為 5 毫米及波

長為 500 納米的情況

- 進行實驗展示各種納米材料的物理特性，如蓮花效應
- 探究納米科學的原理在商業產品的應用，如不同納米材料的透氣性、斥水性和透光性
- 糾正學生關於原子模型、電子和光本質的錯誤理解
- 學習有關科學家的生平事蹟（例如勒納德，普朗克，愛因斯坦，盧瑟福，玻爾和德布羅意），尤其是他們在發展原子物理學方面的貢獻
- 加強認識在探究和發現大自然的本質時科學家合作的重要性

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 知道物理學中模型和理論的功用，正如原子模型所顯示的，並讚賞大自然的奇妙
- 鑑賞科學家在發現光的本質和原子結構方面所作出的努力
- 鑑賞盧瑟福、玻爾、普朗克和愛因斯坦等人對當時的科學思維所作的革命性貢獻
- 鑑賞重要科學理論的貢獻（例如盧瑟福的原子模型和光電效應），對科技和社會造成的巨大影響
- 持開放態度評估基本粒子和納米科技的可能應用
- 體會到科學理論可被推翻和藉證據支持科學發現的重要性
- 體會在快速變化的知識型社會中終身學習的重要，並持之以恆

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 在其他學科領域（例如電子學，光學，醫學，電子計算和建築工程上），納米標度下的導線和管子的應用
- 納米科技對人們健康和生活的影響
- 有關使用納米科技對環境所帶來的潛在風險
- 納米科技在全球經濟增長中的角色
- 使用納米科技所涉及的道德和社會問題（例如在軍事、醫療、個人保安和社會安全等方面）

VIII. 能量和能源的使用 (25 小時)

概述

善用各種能源是人類歷史上重大的發展。電能照亮城市，能源又為現代交通提供動力，縮短人們的距離。現代化的社會是以電作為主要的能源。很多事例都可以說明為何電能夠成為家庭和辦公室最常用的能源。本選修課題，首先檢視家用電器如何作為照明、烹調和調節氣溫之用。其中顯示出物理學原理如何改善家居和生活環境。學生要探究使用電器時的總能量轉移；也要學習從電器的額定功率計算電費。從能量轉移伴隨着能量的改變，學生可以探討一系列家用電器所涉及的能量改變。本課題也介紹能源效益標籤計畫，幫助公眾為節能而選用有較佳能源效益的家用電器。對建築物和交通工具的探討，可以使學生在真實情境下學習影響能源效益的因素。建築物料可以作為學習的起點，討論不同物料的熱學性質所涉及的能量轉移，從而考慮如何在建築設計上利用最小的能量提供舒適的室內環境，而不必犧牲生活的質素。學生可以透過電動機作為電動車的能源轉換器及比較其能源效益，了解電動機比內燃機產生較少的空氣污染。

多種能源皆可作為燃料將其能量轉換成電能。香港現時用以發電的燃料包括煤、石油、天然氣、核燃料和抽水蓄能。學生可以比較不同燃料的效益及使用同類燃料的不同方法。通過設計太陽灶及考慮其特點，讓學生認識傳導、對流和輻射是自然界能量轉移的方式。不同的能源對社會環境造成不同的影響。燃燒化石燃料時，大量污染物排放到空氣中，造成大氣污染，使空氣質素惡化，並加劇溫室效應，繼而暖化及危害地球。雖然核電站的效能很好，但如何處置有害的放射性廢料卻是嚴重問題。愈來愈多人關注能源帶來的環境影響，而各式各樣的環保能源亦應運而生。在此可強調能量的守恆原理，從而鼓勵有效使用能源以維持及改善環境的質素。能源效益可簡單地利用輸入和輸出的模型來描述，例如，太陽能電池一般可理解為一個換能器，將輸入的太陽輻射轉化為有用的電能形式輸出。儘管香港缺乏自給的能源，但是太陽能電池和風力發電仍可作為本地的情境例子，介紹可再生能源的概念。本選修課題可以加深學生理解物理學的應用，以及了解不同能源所涉及的能源效益及其對環境的影響。

a. 家居用電

- | | |
|--------|---|
| 家用耗能電器 | <ul style="list-style-type: none">• 說出電能為家用主要能源• 描述家用電器的能量轉換• 定義最終能源效益為輸出的效用能量與輸入的能量之比 |
| 照明 | <ul style="list-style-type: none">• 說出不同形式的家用照明器具• 描述白熾燈、氣體放電燈和發光二極管 (LED) 如何運作，並以原子內涉及的能量改變闡釋光的放射• 討論白熾燈、氣體放電燈和發光二極管的成本效益• 認識眼睛對光的反應取決於波長• 定義光通量為光源每單位時間以光的形式放射出來的能量• 用流明為光通量的單位• 定義照明度為每單位面積所接受的光通量• 用勒克斯為照明度的單位• 利用平方反比定律和朗伯餘弦定律解決與照明度有關的問題• 定義電燈的效能為光通量 (lm) 與輸入電功率 (W) 之比，並解決相關問題 |
| 無火烹調 | <ul style="list-style-type: none">• 描述電熱平板爐、電磁爐和微波爐如何運作發熱• 用炊具的額定功率測定其運作成本• 解決有關炊具最終能源效益的問題• 討論電熱平板爐、電磁爐和微波爐的優點和缺點 |
| 抽熱 | <ul style="list-style-type: none">• 描述空調機 (冷氣機) 作為抽熱機 (熱泵) 如何將熱從反自然方向轉移 |

能源效益標籤計畫

- 闡釋製冷能力為製冷裝置從一個房間抽走熱量的速率，並用千瓦（kW）為單位以解決相關問題
- 定義性能係數 COP 為製冷能力與輸入電功率之比，並解決相關問題
- 討論中央空調系統所排放熱量的可行用途
- 討論在節能方面香港能源效益標籤計畫(EELS)的使用
- 解決有關能源效益標籤計畫的問題
- 建議節約能源裝置的例子

b. 在建築和運輸業中的能源效益

改進能源效益的建築材料

- 闡釋 $\frac{Q}{t} = \frac{\kappa}{d} A(T_{hot} - T_{cold})$ 為傳導中能量的傳遞率，並討論傳導中熱量流失的問題
- 定義建築物材料的熱傳送係數 U-值為 $U = \frac{\kappa}{d}$ 並解決相關問題
- 定義總熱傳送值（OTTV）為樓宇外殼平均的每單位面積熱量吸收率並解決相關問題
- 討論影響 OTTV 的因素
- 討論太陽隔熱膜在建築物上的用途
- 討論影響建築物能源效益的因素

電動車

- 說出電動車動力系統的主要部件
- 討論電動車的用途
- 說出混合動力車動力系統的主要部件，並與化石燃料汽車比較各自的最終能源效益
- 討論公共運輸系統的好處，並列舉例子

c. 可再生和不可再生能源

- | | |
|------------|--|
| 可再生和不可再生能源 | <ul style="list-style-type: none"> • 描述可再生和不可再生能源的特徵，並列舉例子 • 定義太陽常數為在日地平均距離，量度地球大氣層外太陽輻射正照時每單位時間每單位面積的總電磁輻射能⁴ • 解決有關太陽常數的問題 • 推導風力發電的最高功率為 $P = \frac{1}{2}\eta\rho Av^3$，其中 η 為效率並解決有關問題 • 描述水力發電的能量轉換情況，並解決有關問題 • 定義以電子伏特(eV)為單位的每一核子結合能並解決有關問題 • 連繫結合能曲線與核裂變及核聚變 • 描述裂變反應堆的原理及說出減速劑、冷卻劑和控制棒的作用 • 描述太陽能電池如何運作 |
| 能耗對環境的衝擊 | <ul style="list-style-type: none"> • 討論能源的提取、轉移、分配及使用，對環境和社會的衝擊 • 討論溫室氣體對全球暖化的影響 • 分析香港不同燃料的消耗量及其特定的用途 |

建議學與教活動

本課題提供的學習經歷是要學生理解能源的產生、轉換、輸送和使用。設計學習經歷必須有意義地綜合物理科課程的內容、技能、過程及價值觀與態度。

⁴內容已於 2009 年 9 月作出修訂。

學生易於透過一些生活的情境和科技的議題建構知識。例如香港的建築整合光電設計，南丫島的風力發電站計畫，以及送風管道發電計畫等，都可以喚起學生對可再生能源的意識。討論現存不同的能源效益技術和相關的學習活動，能刺激學生探究這些情境，由此發現並自行學習能源效益的根本原理。作為精明消費者所涉及的知識、價值觀和態度等，都可成為本課題學習的中心。在引導有關使用能源和能量守恆的討論中，可以讓學生發揮溝通、明辨性思考、創造及解難的基本能力。當中，加入有關香港的資料、真實數據、論題、事件和議題，將有助說明那些關鍵性的概念，強化學習。可先向學生介紹一項相關概念的事件或問題，然後讓他們參與一項或多項探究這概念的活動。這類探究能為學生提供經歷，具有啟發他們理解的作用。有需要時教師須闡明這概念並定義相關的詞彙，學生則須透過在新處境中的應用，闡述並從而建立對這概念的理解。完成有關活動後，教師可評估學生對有關概念的理解程度。

以下建議學生可能經歷的學習情境，以供參考：

- 探究磁鐵與線圈之相對運動，從而建立產生電流的模型
- 收集和分析有關白熾燈（例如燈絲燈泡、鹵素燈）、氣體放電燈（例如長條形或緊湊型螢光燈（慳電膽）、高壓汞或鈉燈、電感燈）和發光二極管(LED)的資料
- 利用「電動機-發電機套件」向學生示範如何用機械能產生電能
- 識別和分析不同的能源，討論每一種能源的優劣，並取得小組一致的看法
- 分析有關溫室氣體對全球暖化效應的資料
- 收集和分析資料以識別高壓電纜如何藉電纜塔得以絕緣，免受雷擊和防污
- 完成探究變壓器結構的模型，演示如何產生副電壓，並探究變壓器的原理
- 收集、處理和分析一些家用和工業上將電能轉為更有用形式的資料，以識別當中涉及的能量轉移及能量轉換
- 組織一次有關太陽灶、風力發電或太陽能汽車競賽的全班比賽
- 探究影響太陽能在燒水、烹調和發電等方面的不同變量
- 製作一個太陽能發電的電路
- 設計一個探究計畫，以確定太陽能電池是用熱還是光發電
- 參觀本地發電廠和大亞灣核電廠
- 聆聽機電工程署、綠色力量、中華電力有限公司、香港電燈有限公司、煤氣公司、地鐵、九鐵或環境保護署的人員講解現今社會能源的產生、傳送、消耗和有關另類能源的最新資料

- 收集及分析不同形式的可再生與不可再生能源的資料，並列舉一些不同的能源（例如太陽能、潮汐能、水力、風力、化石燃料和核能）
- 研究提取、轉移、分配和使用能源時對社會及環境的影響，並指出不同情況下最適合社會及環境需要的方法
- 討論化石與非化石燃料能源的可使用性
- 收集、分析關於能源與溫室氣體相互作用的資料，包括由溫室氣體引發的能量吸收、再發射、輻射及消散等問題
- 考慮可使香港在發電和用電方面更持續使用的方法
- 量度閃光燈產生的熱量，並計算閃光燈的效率
- 建議可控制太陽能傳送到建築物內的方法
- 設計探究活動比較兩種不同種類的太陽隔熱膜對太陽能傳送的影響
- 展示對能源傳送和轉移等應用的理解
- 討論家庭和辦公室中能量的使用情況，藉此理解節約能源的需要
- 審核家庭或學校的能源使用情況，例如，利用電費帳單計算家中月內所耗的電能量，並估算這些能量用於照明、空調（或取暖）、燒水、清洗及烹調的比例
- 研究香港能源效益標籤計畫(EELS)以及能源標籤中所含的資料
- 撰寫如何適當地使用家庭電器以節省電費，及其對節省能源所作貢獻的文章
- 撰寫有關家用電器安全問題的文章
- 討論「生活不可一日無電」
- 討論香港多年來家庭電器的出現如何改變生活
- 討論家居停電的應變措施
- 學習「亂度」，即任何物件都隨時間傾向不可逆轉地減弱其組織性及有序性。並了解在所有能量傳送中，最後結果都是能量均勻地向外散佈（例如熱的物体透過傳導、對流和輻射，把能量轉移到較冷的物體，以及燃燒燃料能令周圍變暖）
- 研習屋宇處網頁內 (http://www.bd.gov.hk/chineseT/documents/code/c_ottv.htm) 的樓宇外牆總熱傳送值 (OTTV) 的工作守則，並討論不同建築物料對熱傳送係數(U-values)的影響
- 研習機電工程處網頁內 (http://www.emsd.gov.hk/emsd/chi/pee/eersb_pub.shtml) 的節省能源工作守則，並討論其對大廈服務系統（即機電系統）的影響
- 收集和比較有關空調機、電燈和汽車最終能源效益的資料

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 意識人類可用的能源有限，因此有需要節省用電以持續經濟發展和保護環境
- 意識使用不同能源對環境的影響，為了香港可持續發展，大家應該共同承擔責任
- 鑑賞科學家對尋找另類環保能源所作出的貢獻
- 鑑賞人類在保護環境方面所作出的努力
- 持開放態度評價以新技術提高能源效益的應用潛質
- 鑑賞日常生活中節約能源的行為，並養成節能的好習慣
- 意識長期使用電能對香港的影響
- 意識消費者應通過能源標籤得知家用電器的能源效益
- 意識安全使用電器的重要性並致力電器的安全使用
- 鑑賞科學理論（例如半導體理論、質能轉換理論）的重大進步最終會對科技和社會造成巨大的影響
- 意識在快速發展的知識型社會中，終身學習的重要性，並努力自主學習

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 能源選用與對環境影響的協調
- 有關貯存和運送燃料時的安全問題
- 限制私家車的使用以減少空氣的污染物質
- 高壓電纜和電纜塔發出的電磁場造成有害影響的議題
- 電動車替代傳統化石燃料汽車的最新發展和對環境的影響，以及政府在這問題上應擔當的角色
- 風力渦輪機對風景優美的自然環境所產生的影響
- 興建發電廠而改變海灣的自然繁殖地所引起的爭論

IX. 醫學物理學 (25 小時)

概述

本課題學習有關人類感官對環境產生的反應，包括視覺和聽覺所涉及的基礎物理學原理。本課題首先介紹眼球結構及其將不同物距調節成像的光學系統，學習視覺缺陷的概念並介紹其糾正方法，介紹視覺解像度以說明目力所能及的精巧細節；由如何產生顏色視覺的問題帶出研究視網膜的視桿和視錐組織，闡釋視桿負責微光下的視覺而視錐則負責在日光照射條件下，產生更敏銳的視覺。至於聽覺方面，本課題則簡要介紹耳朵的結構，從而學習用換能器轉移能量的概念，以及在內耳中如何辨識不同頻率的聲音。

此外，本課題也會集中介紹聲波和可見光應用於探測人體內臟的問題。學生將簡要地了解超聲波掃描儀和內窺鏡如何運作，從而認識脈衝 - 回波以及波的全內反射。電離輻射（例如 X-射線和伽瑪射線），是醫學診斷中了解人體功能和解剖結構的另類方法。醫院和診所經常使用 X-射線、放射性核素、超聲波和電腦斷層造影(CT)為病人進行醫學影像診斷。這些儀器都是根據物理學上的電磁波譜、某特定核素的放射性和超聲波束的波動特性理論發展而成的。這些儀器可以使放射學家不必使用外科手術就可透視人體。本課題向學生介紹醫學用的放射性物質，以及用伽瑪攝影機檢測伽瑪射線作醫學診斷造影的方法，並強調發展新的醫療造影設備是漸進式的過程，而這些發展是因為發現新的物理現象或改良現存的技術而引發的。在所有階段，物理學的專業知識都是必不可少的。而在放射腫瘤學、核醫學和放射學的醫學物理學領域中，也有大量有趣的問題可供學生學習的。

學生應學習

學生應能

a. 眼和耳的感官

視覺物理學

- 描述視網膜上光感細胞（視桿及視錐）在視覺上的功能
- 以感受器吸收曲線闡釋光感細胞對光譜的反應
- 應用分辨率 $\theta \approx \frac{1.22\lambda}{d}$ 解決有關問題
- 描述眼睛的視覺調節過程

視覺缺陷及糾正方

- 定義透鏡的焦強為其焦距的倒數

法	<ul style="list-style-type: none"> • 用屈光度為透鏡焦強的單位 • 說出眼睛的近點及遠點 • 描述視覺缺陷及其糾正方法，包括近視、遠視和老花
聽覺物理學	<ul style="list-style-type: none"> • 描述中耳的壓強增益的功能 • 描述內耳對傳入聲音的反應 • 認識聽覺的相對聲強級和用對數標度表達的需要 • 應用聲強級 $L = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$ dB 解決有關問題 • 闡釋等響曲線 • 討論噪音對聽覺健康的影響
b. 非電離輻射 醫學影像學	
超聲波的性質	<ul style="list-style-type: none"> • 描述壓電換能器如何運作以產生和檢測超聲波脈衝 • 定義聲阻抗 $Z = \rho c$，並比較人體不同組織的聲阻抗 • 應用反射聲強係數 $\alpha = \frac{I_r}{I_0} = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$ 解決有關問題 • 認識超聲波的衰減與介質及頻率的相互關係
超聲波掃描	<ul style="list-style-type: none"> • 認識 A-掃描及 B-掃描為測距系統 • 描述 A-掃描如何運作 • 闡釋 A-掃描的脈衝顯示 • 基於穿透深度、解像度及人體結構識別適當的超聲波頻率範圍作掃描 • 描述 B-掃描如何運作 • 估算 B-掃描圖像中人體組織的大小 • 討論超聲波掃描於診斷時的優點和限制

光纖內窺鏡學

- 描述光纖的特性
- 描述光纖內窺鏡如何運作
- 描述相干光纖管束如何造像
- 解決有關光纖的問題
- 討論使用內窺鏡診斷的優點和限制

c. 電離輻射
醫學影像學

X-射線放射攝影成像

- 應用 $I = I_0 e^{-\mu x}$ 測定傳送 X-射線束經過介質內一特定厚度後的強度
- 連繫線衰減係數 (μ) 與半值厚度
- 認識放射攝影圖像是 X-射線束穿過人體組織時形成的衰減圖形
- 解釋人工顯影劑 (例如鋇餐) 在放射攝影成像的用途
- 討論放射攝影成像診斷的優點和缺點

CT 掃描

- 描述電腦斷層造影(CT)掃描儀如何運作
- 認識 CT 圖像為人體組織的衰減係數圖形
- 認識 CT 掃描重建圖像的過程
- 比較 CT 圖像和 X-射線放射攝影圖像

醫學用放射性核素

- 鑑定診斷用放射性核素，如鎇-99m 的特性
- 定義生物半衰期為透過生理作用，將半量的物質排出體外所需的時間，並應用此定義解決有關問題
- 描述診斷時放射性同位素作為示踪劑的使用
- 認識伽瑪攝影儀產生的放射性核素圖像為顯示人體內放射性同位素的分佈圖形
- 比較放射性核素平面圖像和 X-射線放射攝影圖像
- 比較醫學上診斷不同電離輻射的有效劑量
- 討論有關電離輻射的健康風險和安全措施

建議學與教活動

本部分重點在於醫學診斷中非電離輻射和電離輻射的物理學及其應用原理。眼睛作為光學儀器的模型，而耳朵則作為機械換能器，幫助人類通過神經系統而對環境變化作出反應。本課題也可介紹 X-射線和放射現象的發現歷史。例如最初的醫學影像學的實驗或許就是倫琴為其夫人在剛發現 X-射線數星期內拍攝的手骨照片。超聲波技術作為醫學影像設備，實際上是二次大戰中聲納導航和測深技術的進一步應用。超聲波掃描儀可用於觀看懷孕期間的胎兒。在醫學中使用電離輻射，要從 19 世紀末的兩項發現說起。1895 年倫琴發現 X-射線和 1896 年貝克勒耳發現放射現象。這兩項發現在醫學工作中帶來了深遠的影響。從此 X-射線和核放射用於透視人體及治療癌症。用 X-射線觀察人體，促進診斷放射醫學。用 X-射線配合核放射治療惡性腫瘤，促進放射腫瘤學或放射醫療學的發展。二次大戰後，已經有很多人造放射性核素出現。放射性核素除了治療癌症，還可在人體內確診器官的位置和疾病，由此推動核醫學的發展。隨着數碼電腦及影像重建演算法的進步，引發 1970 年代出現橫截面斷層造影圖像。回顧這些科技的發展，可以幫助學生進一步認識物理學、數學、工程學和電腦科學對設計醫學影像儀器的重要性。

學生須培養從萬維網頁中搜尋資料的技能。網上有很多最新資料和圖像數據可作學習用途。例如學生可利用圖像的相關信息，檢視由超聲波、伽瑪攝影機和 CT 造影術所產生的圖像的不同處；然後帶出圖像數碼化的概念，以及整理這些數碼值即可作處理圖像。結合圖像處理和可視化，對獲取和顯示圖像的信息帶來很大的影響。分辨率是所有測量儀器的基本特性。任何儀器的分辨率可視為可觀察的最小分別。學生須學習比較不同類型圖像外觀上的差別，並認識不同醫學影像儀器能夠分辨物體的最小尺寸，從而引入空間分辨率的概念，同時可指出這概念也可應用於數碼圖像的灰度分辨率。學生可以利用簡單反投影法，重建投影數據的圖像。為了提高興趣，教師可以向學生提出開放式的問題，例如：超聲波掃描對孕婦安全嗎？如何檢測癌症？電腦會使醫生變得不重要了嗎？

本課題鼓勵學生擴闊閱讀範圍，包括從課本、文章到科普雜誌，以及網頁上的有關內容，特別是在諾貝爾基金的電子博物館(<http://nobelprize.org/>)，學生可以瀏覽和收集有關文章，從而得知不少諾貝爾得獎者在工作中獲得的喜悅和令人興奮的意念。

以下建議學生可能經歷的學習情境，以供參考：

- 閱讀及討論有關角膜激光矯視手術(LASIK)或其他新科技的相關應用
- 閱讀及討論有關電子耳蝸植入的應用
- 觀察使用超聲波掃描、內窺鏡、X-射線、CT 掃描和伽瑪攝影儀所得的圖像
- 用超聲波發射儀和接收儀演示脈衝 - 回波原理
- 解決問題並分析資料，計算一系列材料包括骨頭、肌肉、軟組織、脂肪、血液和空氣的聲阻抗，說明超聲波所能檢查的組織類型
- 用超聲波發射儀和接收儀探究從不同物料反射的回波的振幅
- 觀察顯示人體器官的超聲波圖像並收集相關信息
- 計算一張長和闊都約 250 mm，像素為 256×256 的嬰兒超聲波掃描圖像的分辨率
- 使用聲阻抗解決問題和分析資料
- 討論及觀察一張有骨折和一張沒有骨折的 X-射線放射圖像
- 討論「至 1950 年代為止，X-射線尚會用於保證穿鞋合腳舒適，為什麼現今已不再使用？」
- 收集在 1940 年代死於肺結核病人數目的資料，提出一種診斷此病的方法以減少風險
- 利用一張牙科底片和伽瑪源，演示 X-射線的曝光和吸收
- 觀察一幅 CT 掃描圖像並將所顯示的信息與使用常規的 X-射線放射攝影在相同部位所得的圖像信息作比較
- 進行第一手探究，演示光纖如何傳送光束
- 收集資料，觀察用內窺鏡所得的內臟圖像
- 使用骰子模擬放射性衰變，並研究放射性核衰變的隨機性質
- 比較伽瑪攝影儀的骨骼掃描圖像與 X-射線放射攝影的圖像
- 比較健康的人體部分或器官和相應病變部位的掃描圖像
- 比較常用的 X-射線放射攝影成像和 CT 造影的優劣
- 收集及分析資料，並以所得的證據評論醫學物理學的應用對社會的影響
- 討論有關在使用電離與非電離輻射造影時，放射線安全防護的問題
- 閱讀電子博物館 (http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics) 上的文章，追溯發展 CT 的歷史，探究物理學家的工作，以及科學的思維對社會的影響

價值觀和態度

透過本課題的學習過程，學生可培養正面的價值觀和積極的態度，以下是一些例子：

- 察覺電離和非電離輻射安全防護的重要性
- 察覺 X-射線及放射源的輻射對孕婦的潛在危險
- 採取謹慎的態度對待涉及公眾安全的問題
- 察覺使用不同造影技術的影響，並在日常生活中盡量減少暴露於輻射中
- 體會有益健康的因素以及保持健康的個人責任感的重要性
- 體會醫護及醫療服務的重要性，以及各種醫護人員所扮演的角色
- 體會預防與治療兩者相對的重要性
- 持開放態度評價物理學在醫學新科技的應用
- 鑑賞科學家在尋求更多的另類醫學診斷方法所作的努力
- 鑑賞科學上的重大發現（例如放射性及 X-射線）最終對社會產生巨大的影響
- 鑑賞物理學、數學、工程學和電子計算科學在醫學影像學的貢獻
- 體會科學和科技在探索醫學科學上的角色，並鑑賞人類對認識人體所作的努力
- 體會在知識型的社會裏，終身學習及自學的重要性

科學、科技、社會和環境的連繫

鼓勵學生察覺和認識關於科學、科技、社會和環境連繫的議題。以下是有關本課題內容中這類議題的一些例子：

- 棄置醫療放射性廢料對環境影響的議題
- 應由誰決定投放多少資源作醫學研究的議題
- 疑似肺結核病人應相隔多久才進行一次 X-射線檢查
- 使用 X-射線、超聲波和放射性核素時對病人產生何等的危害和風險
- 如何檢查胎兒的異常情況
- 應用 CT 掃描作考古研究的議題
- 醫學診斷：選用不同儀器達至最佳診斷的兩難
- 接受醫學診斷在描述和解釋病變的不準確性，以及假陽性和假陰性診斷結果的議題
- 由醫生決定是否撤走生命維持器所引發的道德議題

探究研習（16 小時）

X. 物理科探究研習（16 小時）

概述

本研習的目的，是提供機會讓學生設計和進行探究，以解決一個實際的問題。以探究為本的導向學習，可讓學生直接獲得和強化有關科學探索本質的學習經歷。在探究活動中，學生要分析問題，計畫並進行探究，收集數據，整理結果，以及互相交流。學生因此會積極學習、規畫問題和廣泛探究，進而建構自己的新意念和知識。

課程中安排部分時間作探究研習，讓學生運用物理學知識和理解，以及共通能力（包括創造能力、明辨性思考能力、溝通能力、解決問題能力等），分組進行探究為本的學習。透過學習的過程，學生可增進實驗和非實驗性質的技能，並關注探究工作的安全。

預期達到下列的學習成果：

學生應能：

- 論證探究規畫是否合適
- 提供改進科學探究的效度和信度的意見
- 使用準確的詞彙和合適的報告形式，交流科學探究的發現和結論
- 根據探究的過程，收集的數據和資料，評估結論的效度
- 具有熟練的操作和觀察技能，及良好的態度
- 關注實驗室和其他工作地方的工作安全問題

執行

要求 - 學生應該在進行探究研習活動前，對以下各方面有所認識和具備若干經驗：

- 選取合適的問題
- 搜索相關的資料
- 撰寫探究計畫
- 撰寫實驗報告或製作海報

分組 - 4 至 5 名學生為一組

時間安排- 學生須規畫一項實驗進行探究，確定各項量度變量和測量方法，以及如何記錄數據和展示所收集的數據。例如在「拋體運動」課題中的探究研習可以在中五年級的末段時間開始，而於中六年級的初段時間完成。換言之，學生可以在中五的三月至五月期間規畫探究研習，在學期末段進行探究，而報告則可以在中六年級的初段時間開始進行。探究研習也可以與所學課題結合。如此，探究研習則可於中五年級開始，並在中六年級完成。

可安排時間進行以下的活動：

- 搜索和確定探究的題目
- 規畫探究和撰寫探究計畫
- 進行探究
- 組織、整理和分析數據，達至合理的結論
- 撰寫報告或製作海報，演示探究的結果

建議 - 所選題目必須與實驗探究有關。研習須集中在涉及「發現」和「收集第一手資料」等重要元素的現實問題、事件或議題。此外，要在探究的時限中獲得學習上最大的裨益，教師和學生應緊密合作，討論和決定合適而可行的題目。

以下是一些建議的探究題目：

- 製作一個可提供最佳保溫或致冷效應的盒子
- 測量相隔甚遠的兩點之間的距離（例如月球和地球之間距離）
- 測量建築物的高度和大小
- 探討太陽能電池的原理及應用
- 製作並測試自製風動渦輪機
- 測量水火箭的速率
- 研習有關天文學最新發現的文章
- 探究納米科技在商業產品的應用，如不同納米材料的透氣性、斥水性和透光性
- 從電子博物館(http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/)上的文章，追溯電腦斷層造影發展的歷史；尤其是物理學家的工作記述，和科學思維對社會的影響

評估

為便於學習，教師和學生應共同商討及制訂評估準則。評估過程中應考慮特定的學校環境對實行探究研習的影響。以下為建議的評估準則：

- 探究規畫的可行性
- 對相關物理學概念的了解和安全性的關注
- 操作技能的有效運用
- 積極的態度
- 收集數據和處理可能引致誤差的適當方法
- 分析和闡釋由第一手探究所得數據的能力
- 評估探究過程和發現的效度和信度的能力
- 向教師和同儕交流和闡釋其發現的能力
- 參考資料以支持其方法及發現的適切性

在合適情況下，可使用不同的評核方法，如觀察、提問、口頭報告、海報演示時段、批改撰寫作品（探究計畫、報告、海報等）。

第三章 課程規畫

本章就第二章所介紹的課程架構，列述有關原則，以協助學校與教師因應學生需要、興趣和能力，以及學校實際情況，從而發展出一個靈活而均衡的課程。

3.1 主導原則

物理科是科學教育學習領域的一個高中科目，並以初中科學科課程為發展藍本。因此，本章描述兩個學習階段之間在知識、概念、過程技能和共通能力四方面的聯繫，教師可參考本章提供的資料為學生規畫物理科校本課程。學校和教師可考慮以下各項：

- 銜接初中科學科課程，訂定全面而廣泛的學習目標，促進學生綜合運用各種能力及獲得均衡發展的學習經歷；
- 設計適切及有目的之學與教材料、實驗和科學探究活動、以及專題研習，以發展學生的知識和理解、技能和過程、價值觀和態度、解決問題的能力、明辨性思考能力、創造力和學會學習的策略；
- 制定清晰和可行的課程目標，發展循序漸進和適切的課程，為學生提供愉快、有意義和豐富的學習經驗；
- 靈活運用課堂時間，促進學生學習；
- 靈活檢視和規畫課程，就本科課程及評估指引第五章 — 評估，所列出的推行校本評核安排的建議，因應實際需要而作出調整。

學生有不同的興趣、長處和志向，也有不同的學習模式，包括視覺、聽覺、動覺和觸覺，以及另類科學概念。因此，教師應按學生個別的需要組織本課程。另外，有些教師傾向採用某些學與教的方法，因為他們相信這些方法可增進學生學習的效能、效率和質素。教師應以有意義及合適的方式組織課程，確保能實行「因材施教」。

3.2 學習進程

在「334 報告書」中提出了「學習進程」的理念，藉以協助具不同性向和能力的學生探索對不同高中科目的興趣。圖 3.1 闡釋學習進程的理念：

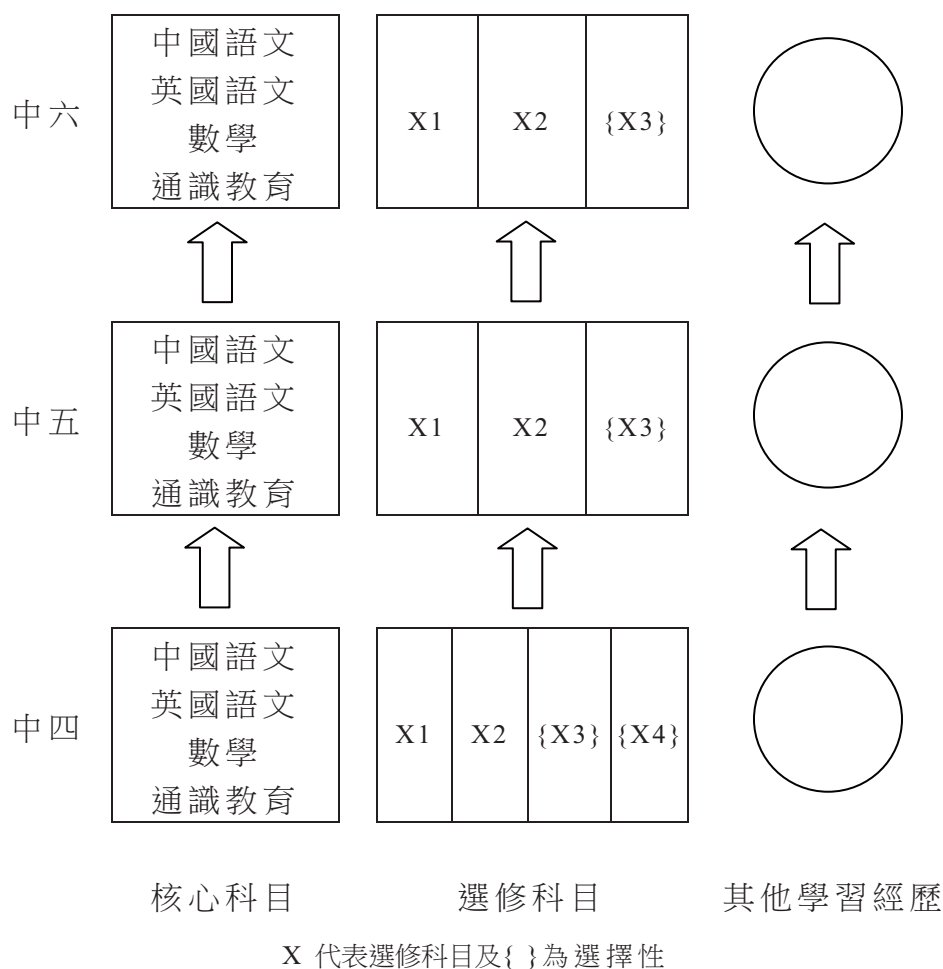


圖 3.1 學習進程的圖示

簡而言之，學校可為中四級學生提供四個選修科目，以及為中五級和中六級學生分別提供各三個選修科目。

根據上述建議，可從物理科課程挑選一些課題，讓學生探索對不同科學科目的興趣。這些課題應有助學生建構學習物理學的基礎，以及促進終身且獨立學習科學與科技。圖 3.2 說明有關課題學習的可行安排，學校可考慮其是否能促進高中學生的學習進程。

可於中四引入的課題		備註
I	熱和氣體 a. 溫度、熱和內能 b. 熱轉移過程 c. 物態的改變 d. 氣體	除章節 (d) 的內容可在學習動量後才引入外，本部分包括所有章節的內容
II	力和運動 a. 位置和移動 b. 力和運動 c. 拋體運動 d. 作功、能量和功率 e. 動量 f. 勻速圓周運動 g. 引力	在中四只引入章節 (a)、(b) 及 (d) 的內容，其餘部分可於中五的前期，在學生對力學有較好的理解後才開始學習
III	波動 a. 波的本質和特性 b. 光 c. 聲音	部分章節中的概念（如：繞射、干涉和繞射光柵）較抽象，可於較後階段才開始引入
X	物理科探究研習	可同時引入基本的科學技巧和實驗技巧，但不須作評估

圖 3.2 中四時可安排的課題

隨著科學與科技的急速發展，當今社會的許多議題及科學問題，均需要在廣闊層面上運用科學的概念及技能來解決。因此，在三個科學（生物、化學及物理學）範疇獲得更廣闊的學習經歷，將對學生有較大的幫助。

在中四時，學校應為那些希望更深入學習科學及準備在科學領域中選修兩個或三個科目的學生提供廣闊及均衡的科學課程，包括由生物、化學及物理科內選取的內容，讓學生更清楚地了解各科的不同性質及要求，從而可以在高年級按自己的興趣和長處選擇適合的專門研習科目。

圖 3.3 說明學校可如何為有意深入研習科學的學生安排「學習進程」。

中六	物理	其他科目 例如：組合科學(生物、化學)、 生物、化學
----	----	----------------------------------

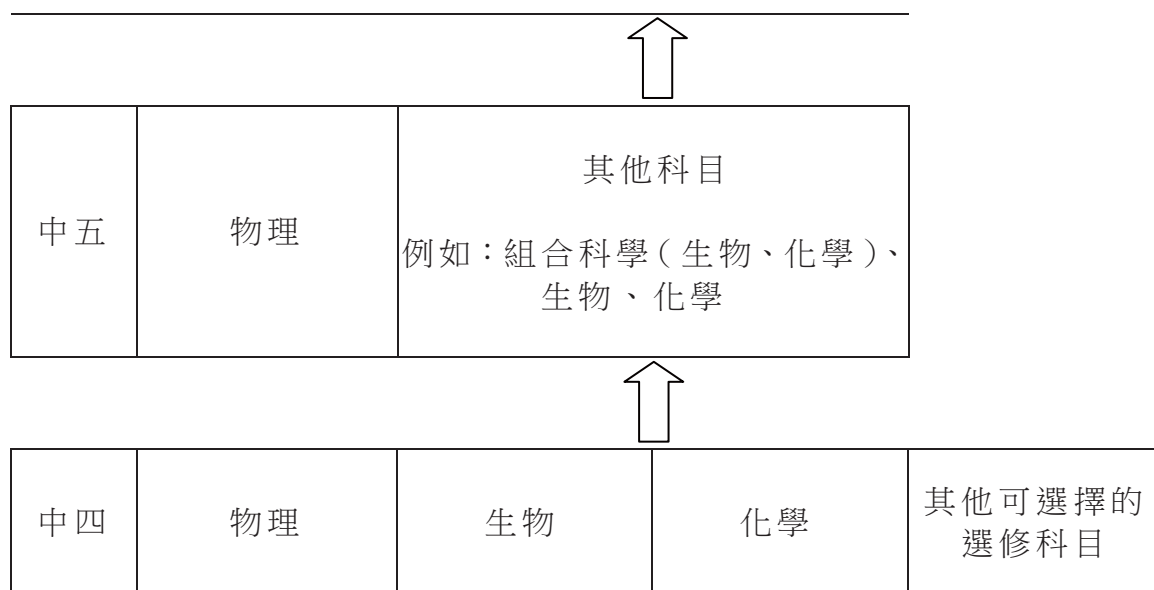


圖 3.3 科學科目的學習進程

在高中階段容許學生在中五才修讀物理科，而這些學生的學習進程亦將與修讀三年物理科的學生相若。學校可考慮為這些學生編配較多的學習時間或提供其他的輔助措施（如：銜接課程），以幫助他們儘早掌握基礎的知識及技能。

3.3 課程規畫策略

3.3.1 與初中科學科課程的銜接

本課程建基於《中學課程綱要 – 科學科（中一至中三）》（課程發展議會，1998）。初中科學科課程以「能量」為開始，有助學生理解能量是物理學的一個基礎概念，讓學生學習一些基本物理學知識、獲取一些基本操作技巧及培養對物理學的積極態度。學生學習物理科課程，可鞏固其在初中科學科所獲取的物理學知識和理解及科學技能。

學生應在三年的初中科學科的研習已獲得一些基本的物理學知識。這些學習經歷為修讀物理科鋪下基石。圖 3.4 展示科學科（中一至中三）課程內有關物理學的課題與本課程各課題的關係：

科學科（中一至中三）		物理科	
單元	標題	課題	標題
1.4	進行簡單的科學探究	X	物理科探究研習
4.1	能量的形式	VIII	能量和能源的使用及課程的其他部分
4.2	能量轉換		
4.4	電的產生		
4.5	能源與我		
6.1	物態	I	熱和氣體
6.2	支持粒子理論主張的例證		
6.3	模擬物質三態的粒子模型		
6.4	氣壓		
8	電的使用	IV	電和磁
9.1	力	II	力和運動
9.2	摩擦力		
9.3	重力		
9.4	太空旅程	I	熱和氣體
9.5	太空人在太空的生活	II	力和運動
9.6	太空探測	VI	天文學和航天科學
11.2	我們是如何看見東西的	III	波動 醫學物理學
11.3	我們視覺上的限制	IX	
11.4	眼睛的毛病		
11.5	我們是怎樣聽見聲音的		
11.6	我們聽覺上的限制		
11.7	噪音的影響		
15	光、顏色和光譜以外	III	波動

圖 3.4 物理科與科學科（中一至中三）課程的關係

3.3.2 建議學與教次序

本章闡述如何可在學與教的策略和課程規畫方面作出優良的設計。物理學的基要在於創生概念、模型和理論，它們必須具有內在的一致性，以及與觀察所得相配。概念或原理是知識的特殊形式，用以幫助學生對物理學的理解。為了改善物理科的學與教，以及關注學生在學習上的困難和誤解，建議採取建構導向方式進行物理科的學與教。用情境例子聯繫關鍵概念可以使學生進行有意義的學習。學生在日常生活中經驗物理世界，時常有着大量的直觀。以學生熟悉的情境發展概念，可提供機會讓他們更能理解這些直觀。此外，從物理學已發展的歷史過程來聯繫關鍵概念，教師可較容易預期和理解學生的直觀，而這些直觀有可能就是歷史上一直爭論的問題。某些建議課題應滲入整個課程內，使學生認識不同課題之間的內在聯繫。而編排課程次序的原則是以某些有具體內容的課題和不大困難的概念作為學習的開始，之後進入較為抽象和艱深的課題。例如，學生在學習氣體分子運動模型之前，必須先理解動量的概念。

某些課題，例如「溫度、熱和內能」、「熱轉移過程」、「物態的改變」、「位置和移動」、「力和運動」、「做功、能量和功率」以及「光」等，提供了大量具體和與情境相關的例子，有助學生在中四建構有關概念。這些情境化的例子讓學生把課堂和課本上討論的概念和理論與日常所觀察到的現象聯繫起來。教師可以用概念組合的方法，例如概念圖，幫助學生學習物理學。學生往往認為直觀與牛頓的運動定律並不一致，從而使學習二維拋體運動更為複雜。為了確保有意義的學習，教師需了解學生的已有知識，並將困難解構成易行的小步驟。學生可在不同階段重溫所學到的知識。例如，教師可以在中四介紹力和運動的初步基本概念，到了中五再進一步探討這些概念。

本課程提供彈性的架構，學校可以配合學生的需要設計學習次序。教師可以考慮是否採用所建議的次序。進而言之，教師可以憑專業判斷來設計最適切學生需要的教與學的次序。同樣，不同的學校可以採用不同的次序，讓不同能力組別的學生均能受益。通過必修和選修部分不同課題的學習，讓學生建立起物理學中更為複雜且遞進的概念。教師可參考圖 3.5 的教學次序建議。

課題		年級	
I.	熱和氣體（氣體除外）	中四	
II.	力和運動（拋體運動、動量、勻速圓周運動和引力除外）		
III.	波動（只需光的部分）		
X.	物理科探究研習		
II.	力和運動（拋體運動、動量、勻速圓周運動和引力）	中五	
I.	熱和氣體（氣體）		
III.	波動（光除外）		
IV.	電和磁		
X.	物理科探究研習		
V.	放射現象和核能	中六	
VI.	天文學和航天科學		選修部分 (選擇其中兩個課題)
VII.	原子世界		
VIII.	能量和能源的使用		
IX.	醫學物理學		
X.	物理科探究研習		

圖 3.5 物理科課程教學次序建議

除了以上所提供的建議外，教師亦可考慮以下的建議為特定組別的學生規畫課程。

(1) 課程組織

學習各課題的重要原則之一（尤其在中四時）是要找出深淺程度最適合學生的簡易題材。例如，學習熱的概念時，在中四應先學習一些基本的關鍵意念，而其他較複雜的內容，宜調到較後的時間才學。同時，課程應在廣度和深淺度取平衡，讓學生了解學習內容。教師應決定適當的簡易程度，施教次序和步伐，幫助學生建構課題中與科學原理最吻合的模型。

圖 3.6 為一個簡化圖，顯示出熱、溫度和內能的關係。溫度差引起熱的流動且引致溫度改變或物態變化。用分子運動模型說明熱流增加分子的內能。粒子的內能可以是動能和勢能，而溫度則是分子平均動能的量度。本圖示可以視為一個概念圖，其中每個箭頭表示格中相關概念之間的關係。須強調的是，學生必須預先具備某些知識，如「力和運動」中的動能和勢

能，從而理解粒子內能的概念。因此「熱和氣體」可以與「力和運動」的學習結合進行。

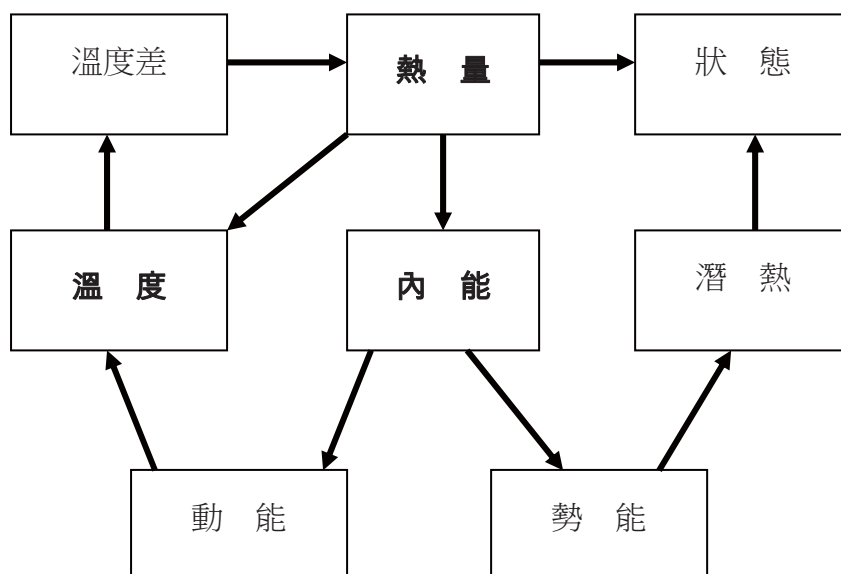


圖 3.6 熱、溫度和內能的關係概念圖

(2) 主要課題的整合

本課程包括必修和選修部分，必修部分在中四和中五時學習；認識物理學的基礎概念後，學生須從選修部分選擇兩個課題學習。選修課題引入和延伸關鍵性的概念，可以作為引起學生興趣的載體。例如，波、光和聲音在「波動」中的知識和概念，它們的本性和性質，可延伸到「醫學物理學」中，當中以非電離和電離輻射醫學影像學為延伸部分。延伸部分的學習具挑戰性，可以提升學生的能力。這種編排次序的目的是避免學生在短時間內吸收大量抽象的概念，尤其是在高中學習的初階。但是，學生可在中五年級重溫以前學過的知識。有些教師或會把有關波動的概念一氣呵成地介紹出來；也有些教師或會把課程中的「波動」和「醫學物理學」的內容並行施教。這種組合也可用於「電和磁」與「能量和能源的使用」、「力和運動」與「天文學和航天科學」，以及「放射現象和核能」與「原子世界」。

(3) 探究研習和主要課題的整合

探究活動已經被確認為物理學教育的核心和特別部分。理論、實驗和實際應用的相互影響是物理學進步的基礎。教師可以鼓勵學生透過個人經驗和與同學協作的探究活動來建構知識。如果學生有足夠的時間和機會作互動和反思，就能獲得有意義的學習，進而提高和提升共通能力。對學生來說，「物理科探究研習」可提供學習機會，並在探究中應用知識，解決真實的

問題。將探究研習的經驗與課程中不同部分的學習作整合，有助學生獨自學習，成為終身學習者。對數學有興趣的學生或會嘗試用數據作模擬。為了照顧這類學生的需要，教師可以將選修課題（例如「天文學和航天科學」）的學習與探究研習並行。在模擬活動中，學生可以探究假設與現象預測的關係。這不但有助於學生應用物理學概念去分析及解決問題，還可以發展學生的各種共通能力。教師也可以採用其他學與教的策略，例如讓學生通過蒐集資料，明辨地閱讀，自我學習新知識，討論和探究等來解決問題，幫助學生掌握知識和理解在「能量和能源的使用」課題中的探究研習。這種整合方式也適用於其他必修和選修部分，包括「原子世界」和「醫學物理學」。

3.3.3 調適課程以照顧學生的多樣性

本課程需因應學生在不同方面，如興趣、學業水平、志向以及學習模式進行調適。對學習物理學有更大興趣或能力出眾的學生，需要在本課程指引外設定更具挑戰性的學習目標。課程的設計和推行，一方面應以照顧能力較強的學生，避免剝奪他們的學習機會，並同時能盡展他們的潛能為原則；另一方面，對於只能掌握本課程指引內部分而非全部概念及技能的學生，教師需設計和推行能促進他們學習的課程。本課程指引的設計，已預留空間，讓教師可為學生決定各課題的恰當深度。簡言之，本指引希望能成為規畫課程的參考，而非應付所有學生需要的單一處方。

本課程可以不同的方法作調適，例如集中學習必修部分的課題，而對選修課題僅作涉獵。這建議並不是剝奪學生深入學習本課程的機會，而是鼓勵學生集中學習，以便建立堅實的基礎知識及技能。為照顧學生的多樣性而調適課程時，教師可考慮下列的建議：

- 如學生難於掌握整個課程，教師可與學生就必修部分的所有課題商討，決定適當的學習深度。圖 3.7 列出必修部分的延展課題，這些延展課題在認知上有相當高的要求，學生可能需要額外的支援才能掌握當中的必要知識和理解有關的課題：

課題	必修部分的延展課題
I.	氣體
II.	拋體運動、動量、勻速圓周運動及引力
III.	透鏡的成像（公式）、光的波動本質（計算）
IV.	電場強度、磁通量、法拉第定律、交流電、變壓器及以高壓傳輸電能
V.	放射衰變（衰變指數方程和衰變常數）及質能關係

圖 3.7 必修部分的延展課題

- 若學生明顯難於掌握整個課程，教師和學生可討論並另作安排，例如投放較少的努力於選修部分，甚或完全跳過選修部分的學習。

在照顧學生的多樣性時，教師可根據上述的設計方法調適課程；在評估課程時，應以下列的指引為參照：

- 課程配合總的宗旨和學習目標
- 課程內容應有廣度且均衡
- 學習目標是可達至的，而非要求過高
- 學習活動應是有趣的和能讓學生感到愉快

3.3.4 彈性運用學習時間

如第二章所述，本課程的授課時間為 250 小時，佔整體課程總課時的十分一。教師宜靈活地處理學習時間，以幫助學生達到課程的各項目標。由於學生的興趣廣泛，有些學生或會對某些課題特別感興趣，希望深入探討，教師可讓他們多花時間學習。有些學校或會選擇調配較多課時，讓學生學習必修部分，以確保他們在研習選修部分前，已充分掌握所需的基礎知識和技能。至於十六小時的探究研習，應有效利用，以促進學生的學習和發展全面的能力。學校亦可在學校時間表中設定半天或整天的活動環節（與各學習領域共同分配），進行野外考察、參觀或科學探究等需時較長的學習活動。

3.4 課程統籌

3.4.1 有效的課程統籌

有效的課程統籌能促進校內學與教的效能。要有效地管理課程，課程領袖應在校本課程發展上互相協作，並就以下各方面作出考慮。

(1) 了解課程和學生的需要

物理科課程架構包括理念、課程宗旨、學習目標、課程結構和組織、課程規畫、學與教，以及評估等方面。要促進有效的校本課程發展，讓學與教和學校的抱負和使命及中央架構互相配合，就必須對物理科課程、學生的需要和興趣，以及學校的優勢和文化有充分的了解。

(2) 科組和結構

學校課程領袖包括科學教育學習領域統籌主任、物理科科主任和物理科教師，他們必須以團隊方式進行協作；在校本課程發展的管理上，擔當不同角色。科學教育學習領域統籌主任和科主任亦須制定計畫，以助教師團隊協作和專業能力的發展。

(3) 課程規畫

學校應為科學教育的校本課程發展作整體規畫，以確保各科學科目與其他學科的縱向和橫向的協調。同時亦須考慮與初中科學課程的銜接，務求為學生提供一個均衡的科學教育基礎。有關課程規畫策略的詳情，請參閱本章 3.3 節。

(4) 增進能力和專業發展

透過共同備課、建立師徒制和同儕觀課，教師間定期互相交流意見、經驗和反思，有助團隊的建立。同時亦能營造協作和分享的文化，以及促進教師專業發展。此外，學校應為教師創造空間讓他們參與各種專業發展課程，並按教師的專長，適當及靈活地編配教師。

(5) 資源發展

教育局會發展促進學習的學與教的資源，以支援課程的實施。學校可自行運用這些資源或發展其他的學與教材料，以配合學生的需要。學校亦可建立校本學與教資源庫或學校內聯網構建分享平台，讓教師共用這些資源。有關促進學與教資源的有效運用，請參閱第六章。

(6) 變革管理

鑒於物理學知識不斷發展，現代社會情況不斷變化。學校應先界定其課程發展的範圍和方向，而在實施時則作彈性處理，使能從經驗中學習，並對轉變作出反應。變革管理的有效策略包括參與和溝通、定期檢視進程並在課程實施時蒐集證據，以便作出可行的改善。

3.4.2 校內不同持份者的角色

學校課程領袖在課程變革的管理上擔任不同的角色。依據學校不同的情況，他們所擔當的角色不盡相同。

(1) 物理科教師

物理科教師在校本課程發展上，可作多方面的貢獻。教師可配合學校的政策和協助科主任，並與其他物理科教師互相合作，發展校本課程。此外，物理科教師可與實驗室支援人員共同合作，設計有趣的活動和建立一個促進學習的安全環境。教師亦可獨自或與其他同工合作，提出創新的課程變革建議。

為了有效地實施校內物理科課程，教師應：

- 清晰地向學生解釋物理科課程的整體計畫和目標；
- 為學生提供足夠的指引和支援，以達至課程的學習目標；
- 營造一個具啟發性的學習環境，強化學生自學的能力；
- 試行和推行創新的學與教策略；
- 主動分享意見、知識和經驗，以加強同儕支援和學與教的改進；
- 透過閱讀和與同事互相分享，瞭解課程發展和變革的最新動向；
- 主動參與專業發展課程、工作坊、研討會等活動，以提升專業性；
- 確保學生採取足夠的安全措施，令實驗和探究活動可安全地進行；
- 不時檢視或評鑑校本物理科課程，並作出相應的改善。

(2) 科學教育學習領域統籌主任/物理科科主任

科學教育學習領域統籌主任/物理科科主任在課程的發展、管理和實施上，擔當著十分重要的角色；他們是學校行政人員和其他科學科教師的溝通橋樑，促進有效的溝通和協作。

為協助發展和管理校內物理科課程，以及監察其推行情況，物理科主任應：

- 根據《科學教育學習領域課程指引（小一至中三）》（課程發展議會，2002a）和其他相關的課程及評估指引所訂定的方針，協助策畫整體計畫，提供均衡的科學教育；
- 根據本課程架構所訂定的方針，規畫和提供一個適切的物理科課程以促進有效的學科知識學習，發展學生的共通能力、科學過程技能，以及價值觀和態度的發展；
- 加強學校行政人員和其他科學科教師之間的有效協作和溝通，以確保科學教育在學校的整體實施；
- 依據學生的需要、興趣和能力，以及科任教師的強項和學校情況，決定一個均衡的物理科課程須開設的選修課題；
- 舉行定期會議，討論有關課程規畫、評估政策、學與教材料的運用、學與教策略的採用、進度檢視等事宜，並探討改善學與教效能的課程實施策略；
- 藉著不同途徑，如共同備課、建立師徒制、同儕觀課等，鼓勵教師定期交流學與教的意念、經驗和反思；
- 鼓勵教師參與專業發展課程、工作坊、研討會和專題計畫，促進專業發展；
- 確保學校提供並充分地利用充足的資源（例如實驗室設施和儀器、實驗室技術員和資訊科技器材），以支援課程的實施；
- 協調各科學組別，確保在進行實驗活動和科學探究時，採取安全和預防措施。

(3) 校長

校長肩負指導、規畫和支援校本課程發展的領導角色，他們須明白中央課程架構，並充分地了解其校內情況，如學生的需要、教師的長處，以及學校的組織文化。校長宜與副校長或學務主任緊密地合作，以實行以下課程領袖的角色：

- 了解學校的發展藍圖；界定科學教育學習領域課程發展的範圍，配合學校的抱負和使命；
- 釐定科學教育學習領域統籌主任和科主任的角色和責任；
- 致力為學生提供均衡的科學教育基礎，例如靈活地編定時間表以促使組合科學科的實施能配合物理科的學習；
- 適當地調配學校資源，例如實驗室支援人員和儀器，以促進有效的學與教；
- 鼓勵共同備課和同儕觀課，營造教師間協作和分享的文化。

- 創造空間讓教師參與專業發展課程；
- 重質素多於重數量，對於已完成的工作多加讚賞，繼續推行適切的創新課程；
- 協助家長和學生明白學校的信念、課程實施的理念和實踐，以及他們在促進學習的角色；
- 建立學校網絡，以促進專業交流，並分享成功的經驗。

有關教師、學習領域統籌主任、科主任和校長作為主要變革促進者的角色的詳情，請參閱《高中課程指引》（課程發展議會，2009）第九冊。

第四章 學與教

本章就物理科課程之有效學與教提供指引和建議。本部分應與《高中課程指引》（課程發展議會，2009）第三冊一併閱讀，以便了解以下有關高中課程學與教的建議。

4.1 知識與學習

第一章曾論及，學生須適應和面對激烈的競爭、全球一體化經濟的出現、科學與科技的發展，以及不斷增長的知識基礎。雖然物理學是一門發展得甚為完備的學科，但物理學知識亦不斷演變。以原子結構的發現為例，自十九世紀末湯姆遜發現電子及二十世紀初盧瑟福原子模型的突破，以至近年粒子物理學的發展，正好為此作出引證。

就學習層面而言，學習途徑多種多樣，例如通過直接講授、參與學習過程，以及通過與他人共同建構知識。一個真實的探究活動，如找出方法驗證一個作拋體運動的物體，其水平和垂直運動的不相關性，正好作為藉直接講授和共同建構而獲取物理學知識的例子。學生可透過教師的直接講授獲取一些常用的驗證方法；學生和教師也可透過互動，共同建構新的知識，找出創新的方法和工具，進行驗證。

在各種學與教的活動中，教師和學生所擔當的角色，需因應活動的目標和類別作出改變。教師的角色可由知識傳送者，轉為資源提供者、促進者、顧問、諮詢人、評估者，或更常見的，成為一個混合角色。而學生在某些情況下可以是專注的聆聽者，而在其他情況下，則需要主動學習，成為獨立且自主的學習者。

4.2 主導原則

經充分考慮《高中課程指引》（課程發展議會，2009）第三冊的建議和科學教育學習領域中主要的學習重點，以下列出本課程一些基本的學與教原則。

(1) 建基於優勢

香港學生較強於記憶知識內容、分析數據和了解科學概念。不少香港教師亦視記憶和理解是互為聯繫的。學生和教師的這些強項和獨特性，應得到確認和重視。

(2) 已有的知識和經歷

在計畫學與教活動時，應充分考慮學生已有的知識和經歷。

(3) 了解學習目標

學習活動的設計和應用，應以教師和學生均能明確知悉每一個學習目標為原則。

(4) 促進理解的教學

教學活動應能培訓學生靈活應用和思考所學到的知識。

(5) 多元的學習與教學活動

透過建基於不同教學取向的多元化活動，有效達至各項學習目標。有關不同的教學取向將在本章後段再作討論。

(6) 提高獨立學習的能力

在合適的學習環境下，進行一些能培訓共通技能和思考能力的學習活動，從而強化學生獨立的學習能力。

(7) 激勵

激勵可以有效促進學習。因此設計活動應以學生的成功經歷為基礎、並配合他們的需要和興趣。

(8) 積極參與

學習活動應能使學生積極參與。與生活相關的例子、課題和學生熟悉的情境，均有助學生體會學習的相關性。

(9) 回饋和評估

即時而有針對性的回饋是學與教中不可或缺的部分。此外，在適當的情況下，也需採用「促進學習的評估」和「對學習的評估」中所包含的策略。

(10) 資源

教師應靈活運用各種教學資源來提升學習質素。第六章將提出有關運用資源提升學習的建議。

(11) 照顧學生的多樣性

每個學生各自有不同的特性和強項，教師應採用適當的學與教策略以照顧學生的多樣性。

4.3 取向與策略

4.3.1 學與教的取向

概括而言，有以下三種常見且緊密相連的物理科學與教取向。

(1) 「直接講授」

「直接講授」可算是最為人熟悉的施教方法。教師直接傳遞知識給學生。這在香港的課堂較為常見，香港的學生較期望教師更多的指導。若適當地以互動的方法使用，直接講授會是一種幫助學習的有效工具。組織良好的內容、情境化的例子和重點清晰且生動的講授，均是成功的直接講授的一些特點。此取向可用於物理科課堂內的不同教學，例如，引入物理量的符號、解釋抽象的物理學定理和在課堂末段對所授艱深概念作出靈巧的總結解說。

(2) 「探究式教學」

「探究式教學」獲不少教育家提倡，他們相信最好是讓學習者自行努力透過活動建構知識。這種取向較以學生為中心，可見於課堂上進行涉及不同認知能力的簡單解難活動，或進行涉及測試假設、設計實驗步驟、收集數據、進行演算和歸納結論的探究實驗。第二章所提及的「物理科探究研習」正是在課堂上應用「探究式教學」的例子。

(3) 「共同建構式教學」

「共同建構式教學」是另一種取向，它視學習為一種社化互動的過程，當中教師也可成為學習者。此取向強調在教師作為學習伙伴，提供協助，學生透過小組活動互相分享已有知識和產生新的知識。學生共同完成學習任務，如從一篇科學文獻中，檢視不同物理量的量化關係，或透過撰寫報告、展示海報和口頭報告，交流實驗上的發現。教師提供機會讓學生協作，共建相關的知識和技能。

以上三個學與教取向的關係可視為一個連續體，教師與學生在其中扮演的角色會不斷轉變。如下圖 4.1 所示，在一個共同建構的學習過程中，教師較多的是一個資源提供者，而非一個知識傳達者。

直接施教	互動教學	個人化	探究	共同建構
<ul style="list-style-type: none"> • 示範 • 解釋/說明 • 錄像展示 	<ul style="list-style-type: none"> • 教師提問 • 參觀 • 使用資訊科技及多媒體套件 • 全班討論 	<ul style="list-style-type: none"> • 建構概念圖 • 資訊搜尋 • 從閱讀中學習 • 寫作學習日誌 / 筆記摘錄 	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗活動 • 解難 • 科學探究 • 模擬及模型建立 	<ul style="list-style-type: none"> • 辯論 • 論壇 • 小組討論 • 專題研習 • 角色扮演

圖 4.1 物理科學與教活動

教師應採用多元化的取向和策略，以配合特定的學習目標和個別課堂的成果，以及不同學習模式的需要。同一的學習目標可以透過多種教學策略達至；同樣，同一的學習過程亦會令學生達成多項學習目標。

4.3.2 多元化和具彈性的學與教活動

本課程具有彈性，能照顧學生的不同興趣、能力和需要。所訂立的預期學習目標也具有彈性，以便平衡學習的質與量。教師應給予學生充足的機會參與各種學習活動，以達至不同的學習目標。提問、閱讀、討論、製作模型、示範、實驗活動、實地考察、探究、口述報告、功課、辯論、資料搜尋和角色扮演等，均是普遍採用的學與教活動。教師可因應教學目標而選取相應的活動，以配合學生不同的學習模式。

學與教活動的宗旨為促進學習，加深理解，並非只是學習一些零碎事實的表面知識。主動學習、與人討論、協商意見和學習內容完整時，學生較容易展開有效的學習。因此，教師應盡量組織一些能鼓勵學生進行有意義學習的活動。

4.3.3 由課程至教學法：如何開始

教師應作出明智的決定，選取適當的教學活動，以達至指定的學習目標。教師可參考本章第 4.2 節所建議的主導原則。在學習物理學時，如有可能，應盡量進行一些與日常生活相關的活動，讓學生感到物理學是一門有趣、且與自身生活有關和重要的學科。

學習目標能否成功達至，有賴於學與教活動是否配合學習目標。以下建議一些學習和教授物理學的有效策略。教師需留意以下的建議並不是所述示例的唯一策略或取向，示例旨在描述如何在課堂中獲取有意義的學習成

果。當然，還可有其他的成果可以達至。

(1) 製作概念圖

概念圖是一種有關思考和討論的視覺教具，可幫助學生描述各種重要概念之間的關係。它可以用來產生意念和傳達複雜的觀念，透過結合新學知識和已有的知識來輔助學習，還有助評估理解或找出錯誤的概念。在學習過程中，應鼓勵學生製作概念圖來理解某一個課題，然後根據教師的意見、同儕審核和自我評估來完善概念圖。在製作過程中，可先要求學生把各種概念聯繫起來或在部分完成的概念圖上標示出各種概念之間的關係，以促使他們熟習這種展示資料的方式。除了用紙和筆來繪畫概念圖外，也可以利用各種電腦軟件來繪畫，以便製作和修正概念圖。

例子：

設計一個利用太陽能烹調的太陽灶。學生須先按自己的已有知識，討論與這個設計有關的能量轉移概念，包括輻射、對流和傳導這三種能量轉移模式、如何利用有效的陽光收集方式從中獲取最大的太陽能，以及採用適當隔熱方法把能量的損失減至最少。然後，學生需把自己的概念組織和連結成一幅條理清晰的概念圖，如下圖 4.2 所示。接著，學生需討論概念圖，反思當中的概念。討論後，學生可以得出更多設計太陽灶的建議，以及進一步了解太陽能烹調的優點和缺點。透過完成概念圖，不但能使學生鞏固已學到的概念，還能促使他們繼續學習有關能量轉移的知識。

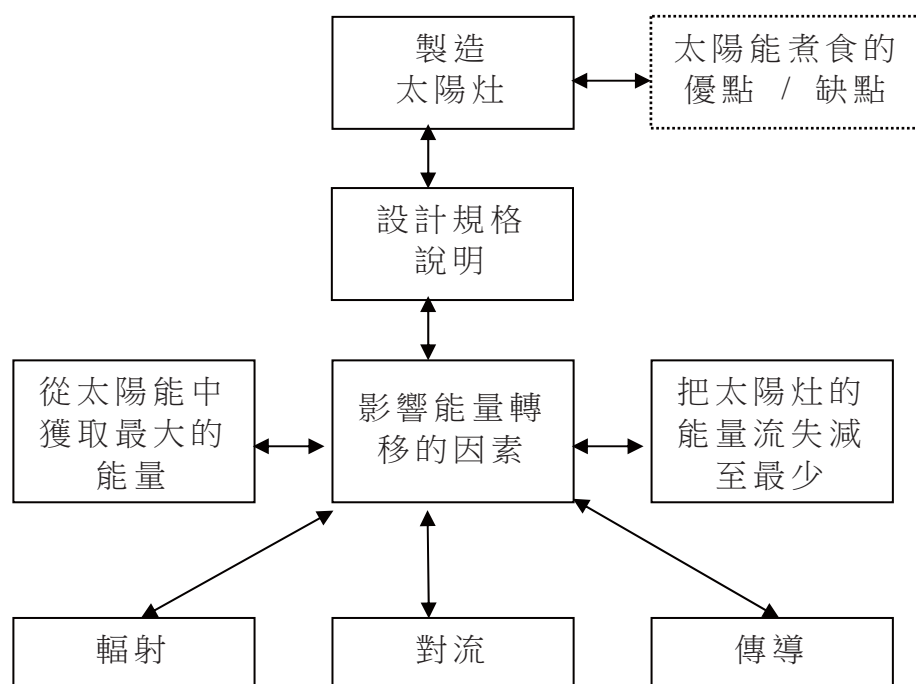


圖 4.2 太陽灶的設計概念圖

(2) 搜尋與展示資料

在現今的資訊年代裏，搜尋資料是一種重要的技能。學生可以從不同途徑，例如書本、報章、雜誌、科學刊物、多媒體、數字媒體和互聯網收集資料。搜尋資料有助獲取知識，以及幫助學生作出明智的判斷。這個過程並不局限於收集資料，還包括在報告結果的過程中，將資料分類、分析和應用。教師可設計合適的題目、主題、討論範圍、辯論議題和研習項目，並鼓勵學生在圖書館或互聯網上搜尋資料。

在多元化的社會中，學生應學習如何處理資料，尤其是一些來歷不明、不完整且含糊的資料。學生往往會對大量的資料感到無所適從。他們必須獲得指引或學習根據自己的需要來篩選相關資料。

(3) 從閱讀中學習

從閱讀中學習可提高獨立學習的能力，達至課程的學習目標，尤其有助學生了解物理學不同範疇在過去、現在和未來的發展。

教師應引導學生自行閱讀一些廣度和深度適宜的物理學文章，從而培養閱讀、詮釋、分析和傳達嶄新科學概念和意見的能力。學生與教師一起就一些好的物理學文章進行有意義的討論，有助彼此共同建構知識，也可增強學生的基本溝通能力。為學生建立自學能力將對他們日後成為一個積極的終身學習者發揮不可估量的作用。

教師可利用各種文章作為教材，重點突出科學、科技、社會和環境之間的關係。這些文章可加強和豐富課程內容，讓學生了解物理學目前的發展和相關的議題，提升學習興趣。教師應根據學生的興趣和能力為他們挑選合適的文章，同時，也應鼓勵他們自行在報章、科學雜誌、互聯網和圖書館藏書搜尋相關的文章。

這種策略旨在鼓勵有意義的閱讀。這可在閱讀文章後，透過不同類型的活動予以強化，例如向學生提問一些簡單或無既定答案的問題，幫助學生把自己的經驗與所讀的資料聯繫起來；要求學生撰寫有關一篇文章的摘要或簡短報告、製作一張海報或創作一個故事，以提升學生的想像思維。為了進一步培養學生閱讀物理學文章的習慣，亦應鼓勵學生之間互相分享自己曾閱讀的文章。

例子：

在課題 VII「原子世界」中，可建議學生閱讀有關二十世紀原子物理學發展的文章（例如參閱「電子圖書館加強科學學習」<http://resources.edb.gov.hk/physics> 網站內的文章「科學家如何探究物質的終極結構」）。透過了解物理學的歷史發展進程，讓學生更加明白科學的本質。閱讀著名物理學家的故事有助學生欣賞物理學家處理困難的方法、工作成果，以及體驗他們的成功和失敗經歷。這樣，不但使學生能深入了解原子物理學的主流發展趨勢，也使學生更懂得欣賞物理學家在找尋物質的基本結構方面所付出的努力，如人造納米碳管及其應用。閱讀文章後，教師還可以組織各類型的活動如報告、討論、提問和摘要，評估學生所學。

(4) 討論

課堂提問和討論，有助學生了解課題知識、建立高階思維能力和培養積極的學習態度。表達論據有助學生建立不同的能力，包括從不同的來源中抽取有用的資料、清晰和邏輯地組織及表達意念，以及根據有效論據作出判斷。

教師不應過分要求學生大量且過早地使用客觀而正式的科學語言作課堂討論。在學習概念的初期，應接納學生用自己的語言來討論，再採用循序漸進的方式，引導他們使用較客觀、精準和正確的科學語言。

利用日常生活的例子進行討論和辯論可以有效激勵學生學習。如在課題 V 中，核電的應用便是一個有趣的討論課題。現代社會對能量的需求很大，核能是一個有效的解決方法，但同時核能對人體與環境均有潛在的危險。這一課題的討論可以讓學生察覺及尋找有效的途徑，兼顧兩者的需求。

有關科學、科技、社會和環境的課題，可以更多地採用以學生為中心的教學策略。例如課題 VIII 討論使用不同能源所引致的環境問題，教師可藉能源效益、學校的能源審核與一個精明的能源消費者等議題作引子，讓學生在討論中自由表達意見，並提出節約能源和減少污染的方法，以及指出執行的困難。最後，學生可以向全班同學講解自己的意見，然後聽取同學與教師的評語。

(5) 實驗活動

物理科是一門實踐的學科，因而需要為學生設計實驗活動，讓他們在實驗和研究過程中多掌握科學知識。本課程特別著重設計和進行實驗，亦提高學生

的意識，理解在進行實驗和量度時，小心謹慎和準確的重要性。

當學生充分掌握了實驗活動所需的技巧後，教師應逐步減少向他們提供實驗的細節。本課程建議進行探究為本的實驗，培養學生自學。探究為本的教授方法要求學生自行設計全部或部分實驗程序、決定記錄甚麼數據，以及分析和解釋數據。透過這個過程，學生會對自己的實驗產生更強的好奇心和責任感，從而提升他們的基本科學實驗技巧。

此外，所設計的實驗應以「探究」而非「驗證」為宗旨。教師不應在實驗活動前提供結果，應讓學生自行從實驗結果中歸納出結論，教師應逐漸引導學生學習探究，促使他們能漸漸地進行獨立科學探究。圖4.3說明學生如何從實驗活動自行建構科學原理和技能。

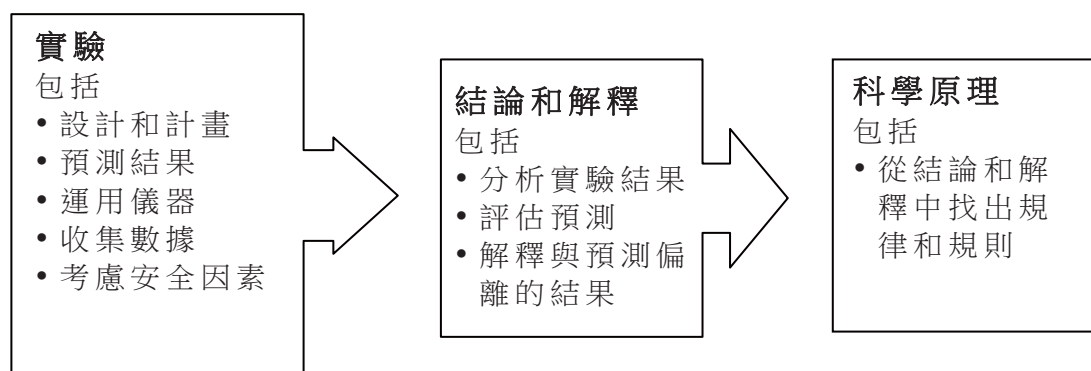


圖 4.3 實驗活動中科學原理和技能的建立

(6) 探究研習

探究研習是一種有效的策略，可以透過各種學習經歷促使學生進行自主和自我反思的學習，聯繫知識、技能、價值與態度。在本課程的探究研習中，學生將分組計畫、收集資料和作出決定，從而培養科學解難、明辨性思考、溝通、協作和實驗等不同方面的技能，以及最重要的科學過程技能。

為幫助學生建立進行整個探究研習所需的技能，本課程提倡先進行短期而簡單的探究，尤其是在學習的初期階段。由於有不同的方式收集科學證據，因此，應讓學生進行不同類別的研習（例如太陽灶、聲音的速度、能源審核及標繪電場）。這樣，學生可由進行「食譜式」的實驗進展至較開放的探究，自己設計問題和找尋答案。

例子：

教授能量的「轉移過程」這個課題後，可以舉辦一個名為「太陽灶比賽」的小型探究活動。學生可應用有關傳導、對流和輻射的物理學知識，加上在以往課題中所掌握的技能，設計和進行一個有關太陽灶能量轉移的小型探究活動。學生需探究不同物料與設計對太陽灶溫度的影響。他們可利用大約兩節各為時四十分鐘的課堂來計畫探究，例如一節用作小組草擬初步計畫，另一節則用作全班討論。學生可以成立工作小組於放學後建造太陽灶。其後的兩至三課節可用於量度在陽光照射下的太陽灶的溫度。在進行實驗前，可要求學生討論及挑選適當的儀器量度溫度。更深入的探究則為計算自行設計的太陽灶的額定功率，以及找出它與文獻中所載的太陽常數的關係。

一般而言，探究研習的活動涉及程度不同的探究，其程度要視乎學生的技能和需要，以及他們所獲得的有關資料而定。探究類別約可分為四類模式。例如，第一種模式，學生可以獲得有關的探究問題和程序，也可預知探究的結果，他們只需依照程序驗證結果；第二種模式，學生透過指定的程序，探究由教師提出的問題以求取未知的探究結果；第三種模式，學生須自行設計或選取步驟，探究由教師提出的問題；第四種模式，學生須自己制定、設計問題及相關的探究方法。這四種模式體現了探究活動如何由教師主導遞升至學生主導的層次。教師可因應班級的程度來篩選最合適的探究研習模式。

(7) 問題為本學習

問題為本學習(PBL)是一個以問題為本的教學方法，多用於專業課程內。學生需要解答一個真實問題。越來越多的學科都開始採用這種方法。涉及的開放式問題大多建基於實際環境，無既定答案且難以界定，當中並無捷徑或簡易的解決方法。而且，問題或許不會涉及先前的學科內容。在探索和解難的過程中，學生需獲取新知識，並與本課程所學到的知識相結合來解決問題。他們需要分組合作，以了解和界定問題、找出並學習他們需要掌握的知識來解決問題、想出其他可行的方法、找出和測試解決方案，並驗證解決方案是否有效。教師則是輔助者、資源提供者，以及學生貢獻和參與的觀察者。學生透過積極參與學習和對自己的學習負責任來提升學習興趣。

除了促使學生深入了解課題外，問題為本學習還鼓勵他們作出科學性、明辨性和創造性思考，並在與物理學有關的情境下共同解決問題。本課程中

有很多的情境都可以採用問題為本學習的教學方法。此外，教師可以給予學生不同深度的問題。如有需要，更可提供提示或啟發思考的問題以引導學生分析問題。

例子：

你是一家餐廳的經理。餐廳的高層與股東常常想方設法來減低成本和推行無火烹調。你獲邀為小組組長，帶領小組研究改用無火烹調的可行性。

當中，可提出下列問題幫助學生進行分析：

- 何謂無火烹調？何謂電磁爐烹調？
- 電磁爐烹調的原理是怎樣的？
- 為何電磁爐烹調較傳統烹調方法節省能源？
- 每月大約可節省多少開支？
- 投資金額大約是多少？何時方可收回成本？
- 有否其他選擇？
- 有否其他考慮因素？

(詳情可瀏覽 <http://www.cuhk.edu.hk/sci/case-learning>)

(8) 情境為本學習

建基於學生已有知識的學習最為有效，採用現實生活中的事物作教材，不但能引起學生的學習興趣，還能提升他們對物理學的學習能力。情境為本學習強調物理學與學生日常生活的關係，讓學生了解科學、科技、社會和環境的連繫。當學生有效掌握一些基本概念後，便可在其他環境中應用這些概念、知識和技能。因此，採用情境取向的教學策略是值得提倡的。

不同的學習階段需要不同的策略，同一學習階段可以採用多種策略和例子，使不同學習範疇達至相近的效果。情境為本學習的原理為將理念與現實生活經驗結合，而生活經驗則因人而異，且視乎時間和地點而定。因此，教師須採用多元化的教學策略，以符合各種需要。

例子：

新型汽車大多有皺摺區，使碰撞時更易皺摺。當發生交通意外時，此舉能發揮保護乘客的作用。這次活動要求學生為一輛玩具車設計和製造一個皺摺區，並利用數據記錄儀來測試有關的設計。學生需自行設計測試方法，並驗證其設計是否有效。其中，「情境物理」網站 (<http://www.hk-phy.org/contextual>) 可為學生提供有用的資料，幫助他們有效地進行這個活動。

(9) 利用資訊科技進行互動學習

資訊科技是課堂內外進行互動學習的有效工具，資訊科技為學習者提供一個互動環境，讓他們自主學習的進程和內容。藉適當的資訊科技資源，教師可以幫助學生了解物理學概念和過程，並培養他們掌握資訊科技的技能，有助終身學習。

現時資訊科技提供不少的空間可對物理學的學習經歷作出改善而非取代。運用資訊科技尤其可以在多方面延伸和促進物理科課程的學與教。現用以下例子作說明：

- 電腦圖像可用作展示人耳的內部結構，說明核子反應堆各部分的功能，以及展現簡單共價鍵分子的三維圖像。這些電腦圖像仿真度極高，即使沒有拿在手上，也可以令人有看到實物一般的感覺。
- 動畫可把抽象的物理學概念和過程形象化（例如駐波的形成）。
- 數碼化錄像特別有助學生分析物體的運動。可以利用教育局所開發的運動錄像分析(MVA)軟件來分析錄影片段中物體的運動。這個軟件內置多種數據分析功能，例如運動圖繪製功能和曲線擬合功能。由海豚躍出水面，以至發射火箭上太空，均可使用這個軟件來分析其中的運動。（可從網站 <http://www.hk-phy.org/oceanpark/index.html> 下載運動錄像分析軟件）
- 電腦模擬可用作模擬運動的方程、影響拋體運動路徑的因素和核電廠的流程等。學生可安全並有效地利用電腦模擬進行一連串的虛擬實驗，找出物理系統中各變量之間的關係。這樣，他們可從錯誤中學習而無須為真實的錯誤付出代價。（可免費使用「Modellus」軟件作任何教育用途。網址：<http://modellus.fct.unl.pt/>）
- 試算表程式可用作分析和標繪實驗數據，也可用作模擬物理系統如放射衰變，讓學生探究「假設」情況。在無須重複計算和標繪數據的情況下，學生也可以了解所研究的課題。
- 數據記錄儀和傳感器特別有助進行數據快速變化、需時極長或需要同時讀取大量數據的實驗，例如力在碰撞中的變化，配備數據記錄儀的軟件可即時繪出數據的圖解展示，讓學生在實驗後有更多時間分析、討論和評估實驗結果。
- 互聯網提供一個課本以外的途徑，讓學生找尋最新和正確的資訊，幫助他們明白概念、獲取知識，以及觀察和探究學校以外的世界。
- 同步和非同步的通訊工具與網絡協作知識建構平台如 Knowledge Forum 和 CMapTools，可促進學生之間的互動與對談，從而鼓勵分享和建構知識。如果參與的學生較其他學生在有關的知識上具有優勢，更可同時擔當教師和學習者的角色。

- 網上評估工具為學生和教師提供即時的回饋。教師可查看個別學生的答案，了解學生對概念的理解程度，從而得知學生的誤解和學習困難所在。
- 互動電腦輔助學習資源可促進學生積極參與學習。廣受歡迎的互聯網讓學生隨時隨地都可以容易接觸到網絡上的學習資源。

(10) 提供全方位學習機會

學習並不局限於課室或學校環境，因此，為學生提供校外環境的學習機會是十分必要的。全方位學習能拓闊學生的視野，讓學生在真實的科學世界中學習。適當的學習活動包括受歡迎的科學講座、辯論和討論、實地考察、參觀博物館、發明活動、科學比賽、科學專題研習和科學展覽。這些學習活動也可為能力出眾或對科學有濃厚興趣的學生，提供更具挑戰性的學習機會。例如學生可用香港海洋公園(<http://www.hk-phy.org/oceanpark>)作為一個大實驗室，透過不同的經歷來探究運動定律和建立力學中各種不同的概念。這些活動能讓學生盡展科學才能和全面發揮潛能。有關舉辦全方位學習的例子，可參閱第二章內有關科學、科技、社會和環境連繫的內容。

4.4 互動

藉學生的表現和回應作出互動對成功的學習十分重要。互動也是有效的學與教策略的一部分。它涉及師生間的溝通。課堂的編排應落實有意義的互動。

4.4.1 採用學習鷹架

為理解和掌握第二章所述的技能，教師應不時為學生提供充分的支援，以及合適的學習鷹架。鷹架的形式種類眾多，例如：

- 相關的資源材料，例如一篇有關在醫學影像學中應用非電離輻射的文章，以及一些 B-掃描影像中的身體組織照片，可以幫助學生了解醫療診斷如何藉物理學的嶄新知識而獲益。
- 指引和樣板，例如一張列有引導性問題的工作紙，可以幫助學生計畫進行自己的實驗。
- 教師於活動後的解說，例如當學生未能理解活動的重點知識或遇到嚴重影響學習的阻礙時，活動後的解說可以向學生提供一個清晰的概念架構，有助學生的學習。

鷹架可幫助學生理解各種概念和自行或與他人共同建構知識。互動本身亦是一個有效的鷹架，引導學生學習。

4.4.2 有效的回饋

教師應提供明確、頻密且及時的回饋，以強化學生所學到的知識，以及為他們深入研究有關課題提供清晰的方向，直至達成既定的學習目標為止。這些學習經歷有助學生掌握深入研究所需的知識和技能，以及增強信心進行自主學習。

例子

以教授「重力加速度」為例，教師可透過發問一連串引導性的問題，來考核學生有關「羽毛與硬幣」實驗的結果。此時教師可藉回饋不時介入，例如將兩種質量不同的物體的下落運動，連同羽毛與硬幣的運動作比較，或要求學生用實驗計算重力加速度的數值，作為跟進的探究，強化學生量化地描述物理現象的能力。在進行實驗時，每組學生或會提出不同的問題，如有關儀器的使用和可獲得更準確結果的方法。此時，教師應給予回饋，而各小組間也應互相交流，當中或需要教師的鼓動。獲得實驗結果後，視乎既定的學習目標，教師可給予回饋，從而引導學生找出誤差的源頭；若有需要，進一步找出方法驗證誤差的源頭是否正確。

因應所訂下的學習目標、學生的能力和興趣，可展開進一步的探究，以鞏固學生對重力加速度這個概念的學習，例如估算自由落體從建築物高處下落的時間。另外，還可以安排其他的實驗活動，例如量度碰撞的接觸時間和分析一件真實的高空墜物意外等。應注意的是，探究活動的使用是教師與學生互動的結果，而這些互動建基於對學生表現所作的回饋。

教師與學生之間的有效互動有賴於事前對教學活動的充分準備。教師應知道何時和如何介入並提供適當的回饋，亦須給予學生支援，提升他們的學習興趣，使他們持續學習。所提供的支援可以是一連串有組織的引導性問題，幫助學生解決疑難；也可以是有系統的步驟，幫助學生完成作業。同時，教師也需要給予空間讓學生自行探索。實驗室和資訊科技設備等資源也可促進學生的探索。

4.4.3 以互動來評估學習

具備適當回饋的互動，有助進行進展性評估，增進學習效能。在互動過程中，教師與學生可共同評估學生對所學理論或概念的理解程度。以課堂為本的持續評估可幫助學生管理和調節學習。進展性評估應採用分數以外的適時回饋以增成效。例如，教師對學生的學習能力強項和弱項的口頭或書面評語，或就需要改善的地方提出建議，此舉可以幫助學生認清學習目標

和確認如何可更有效地學習。

4.5 照顧學生的多樣性

4.5.1 了解學生

學生的能力和需要各有不同，期望每個學生達至同一水平是不切實際的。因此，了解學生是照顧學生多樣性的第一步。教師在教學時最重要的是能辨識「建構模塊」，將這些「模塊」系統地呈現在學生前面，讓他們在能力所及的情況下操控這些「模塊」。

能力稍遜的學生需要教師更多的指引和更大的耐性，能力較高的學生則會得益於獨立和增潤學習。最終的目是讓學生透過愉快地應付力所能及的挑戰，激發學習興趣。

4.5.2 靈活分組

學生之間的多樣性可轉化為互相支持的機會，特別在學生協作完成一個學習任務時。香港的學生較依賴同輩支持和願意協作學習的特質正可以用來照顧多樣性。把能力較高與能力稍遜的學生組合起來，可以讓他們互相分享知識；將能力相近的學生組合起來，給予他們難度相若的學習任務，可以使他們體驗成功，對學習建立信心。

4.5.3 教學方法配合學習能力

以不同的教學策略配合學生的不同學習能力可以明顯地促進學習的效能。對於學習能力稍遜的學生，教師應先預計他們學習上可能出現的困難，並適時提供各步驟的具體指導。對於表現出眾及願意接受學習挑戰的學生，教師只需清楚地說明學習任務和成果。

例子：

在處理課題II(c)「拋體運動」時，教師可採用直接講授或探究兩種不同模式進行；使用相近的教材，卻採取相異的教學策略能照顧學習能力不同的學生。使用直接講授的教學模式時，教師可先示範物體在不同仰角下的拋體運動，接著與學生討論水平運動和垂直運動的獨立性，再推導出聯繫不同物理量，如飛行時間、射程、最高飛行高度的方程，最後以「猴子和獵人」實驗鞏固所授的概念。

使用探究教學模式時，教師可先分組進行「猴子和獵人」實驗引入課題，分析比較子彈的運動與猴子的運動，由此幫助學生掌握水平運動和垂直運動的獨立性，接著，讓學生推導不同物理量，如飛行時間、射程、最高飛行高度的關係，再以在不同仰角下的拋物運動實驗，引證所學的知識。教師更可安排日常的例子，引導對此題目有興趣的學生進行探究研習。

4.5.4 照顧資優學生

部分學生擁有物理學的特殊天賦或才能，他們的需要應得到照顧。幫助這些學生全面發展潛能的途徑之一是加速學習。學校可以將他們與同儕安排在一起學習的同時，讓這些資優學生參與特設課程，如物理奧林匹克比賽訓練，從而令他們加快學習步伐。另一個途徑是增潤，即給予這些學生額外富挑戰性的或較能啟發思考的習作，但仍安排他們與同學在一起學習。對於資優學生，教師應給予更具挑戰性的科學探究活動，並鼓勵他們獨立學習，例如定義問題、運用連串資料和評估步驟等。透過學習物理學時培養的個人興趣，他們更可以自我調節學習，例如在進行探究研習時，他們可以自由選擇題目，因應個人興趣和能力，訂出富挑戰性的探究研習目標。

4.5.5 善用資訊科技

善用資訊科技可以有效地照顧學生的多樣性，同時也能把學習擴展至課室以外。多媒體程式如虛擬實驗和模擬能引發學生的學習動機，特別是那些善於視覺學習的學生。對於學習日常生活中不容易觀察得到、需要抽象思維或特殊儀器才能理解的物理現象，資訊科技顯得特別有價值。透過操控及調節動畫中不同的參數，學生可以探究其衍生的結果。不同程度的學生亦可根據自己的學習步伐進行期望的實驗。學習物理學時使用運動錄像分析軟件(MVA)、數據記錄儀和相關的傳感器，可以提高實驗的可行性。教師亦可善用不同的溝程式，如新聞組和在線評估工具，對不同性向和不同學習模式的學生，給予即時及互動的回饋。

(空 白 頁)

第五章 評估

本章旨在說明評估在物理科的學與教過程中所扮演的角色，以及評估的主導原則，並闡述進展性評估及總結性評估的重要性。此外，本章亦會提供物理科的校內評估與公開評核部分的詳細說明，並闡述如何制訂和維持等級水平，以及如何根據等級水平匯報學生的成績。有關評估的一般指引可參閱《高中課程指引》（課程發展議會，2009）。

5.1 評估的角色

評估是蒐集學生學習表現顯證的工作，是課堂教學一個重要且不可或缺的部分，為不同的使用者提供各樣功用。

首先，它就教學的成效和學生在學習方面的強弱，向學生、教師、學校和家長提供回饋。

其次，它為學校、學校體系、政府、大專院校和僱主提供資料，以便監察學生的成績水平，有助他們作出遴選決定。

評估最重要的角色是促進學習及監察學生的學習進度。然而，於高中期間，評核在協助頒發證書和遴選方面的公用角色較為顯著。由於評核結果往往被用於影響個人抉擇上，故評核無可避免地成為一項高風險活動。

香港中學文憑為完成中學課程的學生提供一項通用的資歷，以便升讀大學、就業、進修和接受培訓。該文憑就學生在四個核心科目和各個選修科目，包括學術科目如物理科和新的應用學習課程的表現作出彙總，並須輔以「學生學習概覽」內其他有關資訊來詮釋。

5.2 進展性和總結性評估

評核有兩個主要目的：「促進學習的評估」和「對學習的評估」。

「促進學習的評估」是要為學與教蒐集回饋，並運用這些回饋幫助教師相應調校教學，令學習更有效。因為這種評估關乎學與教的發展和調校，故被稱為「進展性評估」。進展性評估是恆常進行的，而一般來說它所關注的是「小片」的學習。

「對學習的評估」是要評定學習的進度。這種評估的目的在於總結學生學會了多少，故被稱為「總結性評估」。一般來說，總結性評估通常是在經過一段較長學習時間之後進行（例如在學年終結時，或在完成一個學習階段之後），它所評估的是「大塊」的學習。

事實上，進展性和總結性評估之間並沒有鮮明的分野，因為在某些情況下，同一個評估可以同時達至進展性和總結性的目的。教師如欲進一步了解進展性和總結性評估，可參閱《高中課程指引》（課程發展議會，2009）。

進展性評估和持續性評估亦有分別。前者以正式和非正式的途徑評估學生的表現，提供回饋，改善學與教；而後者則是持續評估學生的學業，但沒有提供有助改善學與教的回饋。例如每星期累積課堂測驗的成績而沒有給予學生具建設性的回饋，這既不是良好的進展性評估，亦非有意義的總結性評估。

就教育理念而言，進展性評估支持促進學習，理應更受關注，並予以高於總結性評估的地位。過往，學校傾向側重學習成果的評估，較為忽略促進學習的評估。然而，研究結果指出進展性評估有助完善教學決策，並能提供回饋改進學習。因此，課程發展議會發表的《學會學習 - 課程發展路向》（課程發展議會，2001）認為評估措施須予以改變，學校宜給予進展性評估應有的重視，並將促進學習的評估視為課堂教學不可或缺的部分。

另一方面，公開評核（包括公開考試和經調整的校本評核）的首要目的是對個別學生的學習進行總結性評估。學生宜在一個低風險的環境下接觸校本評核的課業，從中練習和體驗，以期從沒有壓力中學習（即作為進展性評估的用途），與此同時，為了給學生評分，以總結他們的學習，學生須完成類似的課業，作為公開評核的一部分（即作為總結性評估的用途）。

校內評估和公開評核也有一定的區別。校內評估是指三年高中教育期間教師和學校採用的評估措施，是學與教過程的一部分。另一方面，「公開評核」是為各校學生進行的評核，是評核過程的一環。就香港中學文憑而言，它是指由香港考試及評核局舉辦和監督的公開考試和經調整的校本評核。總的來說，校內評估應較著重進展性評估，而公開評核則較側重總結性評估。然而，我們不必視之為簡單的對分。將校本評核包括在公開評核內，就是嘗試在香港中學文憑中增加進展性評估或促進學習的評估的成分。

5.3 評估目標

評估目標與之前章節所表述的課程架構與廣泛的學習成果相配合。

物理科旨在評估學生以下的能力：

- 憶述及了解有關物理學的事實、概念、模型和原理，以及課程架構內各課題的相互關係；
- 應用物理學知識、概念和原理來解釋現象和觀察結果，並解決問題；
- 顯示在進行實驗時對儀器運用的理解；
- 顯示對有關物理學的研習方法的理解；
- 以不同形式（表格、線圖、圖表、圖解等）表達資料及將之由一種形式轉為另一種形式；
- 分析及演繹資料，並推導出結論；
- 顯示對誤差處理的理解；
- 選取及綜合科學觀念和資料，並能清楚、準確和有邏輯地表達出來；
- 理解物理學在日常生活的應用及對現今世界的貢獻；
- 關注物理學在倫理、道德、社會、經濟及科技上的影響，並以明辨性的角度評價與物理學有關的議題；
- 根據物理學知識及原理，審視證據並作出判斷。

5.4 校內評估

本部分闡述各項主導原則，作為學校設計物理科校內評估及一般評核活動的依據；其中有部分是適用於校內評估及公開評核的通則。

5.4.1 主導原則

校內評估應配合課程規畫、教學進度、學生能力及學校情況。蒐集到的資料，將有助推動、促進及監察學生的學習，並能協助教師發展更多方法，提高學與教的效能。

(1) 配合學習目標

宜採用各種評核活動，全面評估學生在各學習目標的表現，包括有關物理學原理和概念的知識和理解、科學技能和過程、正面的價值觀和積極的態度。教師應共同商討各範疇所佔的比重，並取得共識；同時，亦應讓學生知道各種評核目的及評核準則，使他們能真正了解預期學習所達至的表現。

(2) 照顧不同學生能力的差異

宜採用不同難度、模式多元化的評核活動，以照顧不同性向和能力的學生；確保能力較強的學生可以盡展潛能，而能力稍遜的學生亦可受到鼓舞，保持對學習的興趣和繼續追求成功。

(3) 跟進學習進度

由於校內評估並不是一次性的運作，學校宜採取更多能跟進學生學習進度的評估活動（例如學習歷程檔案）。這類評估活動，可讓學生循序漸進，逐步訂定可遞增的個人學習目標，並調適學習步伐以帶來正面的影響。

(4) 給予適時的回饋與鼓勵

教師應通過不同的方法，給予學生適時的回饋與鼓勵，例如課堂上有建設性的口頭評論及批改功課時的書面評語。這些方法除了可協助學生找出自己的強項和弱點之外，還可以促使學生保持學習的動力。

(5) 配合個別學校的情況

若學習的內容或過程能夠配合學生熟悉的情境，學習將會變得更有意義。因此，設計評估課業時，宜配合學校的情況，例如地理位置、與社區的關係、學校使命等。

(6) 配合學生的學習進度

校內評估的課業設計，應配合學生的學習進度，以便幫助學生及時清除學習上的障礙，避免日積月累的障礙影響學生的學習。掌握基本概念及技能是學生能否繼續發展的基礎，教師應謹慎地處理有關問題。

(7) 鼓勵同儕和學生自己的回饋

除了給予學生回饋外，教師更應鼓勵學生在學習上進行同儕互評和自評。前者可以鼓勵學生互相學習；後者可以促進自我反思，對學生的終身學習非常重要。

(8) 適當運用評估資料提供回饋

持續性評估能夠提供豐富的數據，對學生的學習提供具顯證的形成性回饋。

5.4.2 校內評估活動

物理科應採用功課、實驗、科學探究和口頭提問等一系列評核活動，以幫助學生達至各項學習成果。但是，教師應留意這些活動應是學與教必須的組成部分，而非外加的活動。

(1) 功課

在學與教過程中，功課是廣泛使用的良好評估工具之一，可以持續地反映學生的努力、成就、強項和弱項。不同類別的功課作業，例如練習、書寫文章、海報或單張設計，以及模型製作，可讓學生展示他們的理解和創新的意念。這些功課應與學習目標、教學策略和學習活動保持一致。教師可要求學生就其興趣選擇一項課題作資料搜集，並綜合他們的發現，設計適當的方法來表達研習成果，例如角色扮演、書寫文章、海報設計、演示等。教師應留意學生如何組織和處理所得的資料、語文運用、處理的廣度及深度，以及概念的清晰表達程度。功課的評分或評級可用作顯示學生進度紀錄的一部分。教師就學生功課所給的意見和改進的建議，可為學生提供寶貴的回饋。功課亦可作為教學評價的一種方法，反映授課的效度，為教師提供回饋，以為學生設定進一步的學習目標，並為教學作合理的調節。

(2) 實驗和科學探究

在各科學科目中，實驗和科學探究是學與教中經常採用的一種活動，讓學生取得進行探索的實際經驗，又可讓學生顯示其興趣、靈活性和毅力。在科學探究中，教師可先提出一個問題，繼而要求學生設定一個計畫，並建議合適的實驗裝置和步驟來解決該問題。探究的設計需經過討論，並可作適當的修改。當中，教師可觀察學生的實驗操作技巧，並就如何改善實驗或探究作出回饋。批改學生實驗報告可令教師更全面知道學生對實驗所涉的物理學概念和原理的理解，以及他們處理和解說探究所得數據的能力。

(3) 口頭提問

藉口頭提問，教師可知道學生在某一情況下如何思考。學生的應對可顯出他們的理解程度、態度及能力。教師可採用類型廣泛的題目，包括找出事實、提出問題、尋找理據，以及促進高階思維、可有不同答案的開放式問題。口頭提問可以是傳統評估方法的重要補充。

5.5 公開評核

5.5.1 主導原則

(1) 配合課程

香港中學文憑所評估和考核的表現，應與高中課程的宗旨、學習目標及預期的學習成果相符。為了提高公開評核的效度，評核程序應顧及各項重要的學習成果，而非只著重較容易以筆試來評核的範疇。

物理科的公開評核著重測驗考生在真實及創新情況下，應用及統整他們的知識；校本評核部分可令公開評核擴展至包括具價值的科學探究技能，以及共通能力。

(2) 公平、客觀及可靠

評核方式必須公平，而不應對某些組別的學生存有偏私。公平評核的特色是客觀，並由一個公正和受公眾監察的獨立考評機構所規管。此外，公平亦即是評核能可靠地衡量各學生在指定科目的表現；如他們再次接受評核，結果亦會非常相近。

(3) 包容性

香港中學文憑的評核及考試，需配合全體學生的性向及能力。

本科公開考試包括測驗考生在物理科基礎及挑選範圍內知識的題目，以及測驗高階思維能力的題目；校本評核部分則提供空間作廣泛類別的實驗活動，以滿足學生及/或學校的不同興趣及意願。

(4) 水平參照

香港中學文憑採用「水平參照」模式，即把學生的表現，跟預定的水平比對；該預定的水平說明了學生達到某等級的知識與能力所及。本科會備有各級水平的描述，具體說明代表不同水平的考生表現。

(5) 資料豐富

香港中學文憑的資歷和相關的評核及考試制度應為不同人士提供有用的資訊。首先，它應向學生就其表現，並向教師及學校就教學質素提供回饋。其次，它將學生的表現與有關的等級水平相比，令家長、大專院校、僱主和公眾了解學生的知識水平和能力所及。最後，它須有助作出公平和合理的遴選決定。

5.5.2 評核設計

下表顯示物理科自 2016 年文憑試起生效的評核設計。評核設計會因應每年度考試的回饋而不斷改進。詳情刊載於有關考試年度的「考試規則及評核大綱」及其他補充文件中，並見於考评局網頁 (www.hkeaa.edu.hk/tc/hkdse/assessment/assessment_framework/)。

組成部分		比重	時間
公開考試	卷一 必修部分	60%	2½ 小時
	卷二 選修部分 (從四個選修課題中選取兩個)	20%	1 小時
校本評核		20%	

5.5.3 公開考試

公開考試旨在評核考生在物理科的不同範圍顯示出的知識和理解能力，及其在熟悉及陌生的情境中的應用。

公開考試會採用不同類型的試題來評核學生各種技巧和能力的表現，包括多項選擇題、短題目、結構式題目和論述題。多項選擇題能廣泛地涵蓋課程內容，而短題目可用作測驗考生的基本知識和概念。結構式題目要求考生分析提供的資料，並將其知識應用到不同的情境；論述題則讓考生在物理學有關的議題上作深入討論，並顯示他們邏輯及連貫地組織和表達意念的能力。學校可參閱每年考試試卷，以了解考試的形式和試題的深淺程度。

5.5.4 校本評核

在公開評核中，校本評核是指在學校進行，並由任教老師評分的評核。對於物理科來說，校本評核的主要理念是要提高整體評核的效度，並將評核延伸至涵蓋評核學生的實驗技能和共通能力。

然而，在物理科進行校本評核還有其他原因。其一是減少對考試成績的依賴，因為考試成績間或未能可靠地反映考生的真正能力。由認識學生的任教老師，根據他們較長時段內的表現進行評核，能令各學生獲得較高信度的評核。

另一個原因是為學生、教師和學校員工帶來正面的「倒流效應」。在物理科，

校本評核要求學生參與有意義的活動，有助激發他們學習。而對於任教物理科的老師來說，校本評核可以強化課程的宗旨和良好的教學實踐經驗，並為他們日常的學生評核活動提供系統架構和增加其重要性。

物理部分的校本評核涵蓋教師就學生於中五和中六期間的實驗作業表現所作出的評核。考生須進行指定數目的實驗作業，可包括設計實驗、報告和演繹實驗結果等。此類活動應與課程內容結合，並在正常的學與教循環中完成。

校本評核並非課程的外加部分，因此上述的校本評核方式都是課程建議的課內課外慣常活動。校本評核的要求和實施已照顧到學生不同程度的能力，並避免不必要地增加教師和學生的工作量。香港考試及評核局會向教師提供校本評核的要求和實施的詳細資訊，以及評核課業的樣本。

5.5.5 成績水平與匯報

香港中學文憑會使用水平參照模式匯報評核結果，意思就是參照一套水平標準來匯報考生表現等級，這套標準是按有關科目分域上的臨界分數所訂定。水平參照涉及匯報成績的方法，惟並不影響教師或評卷員對學生習作的評分。圖 5.1 展示一個科目水平標準的訂定。

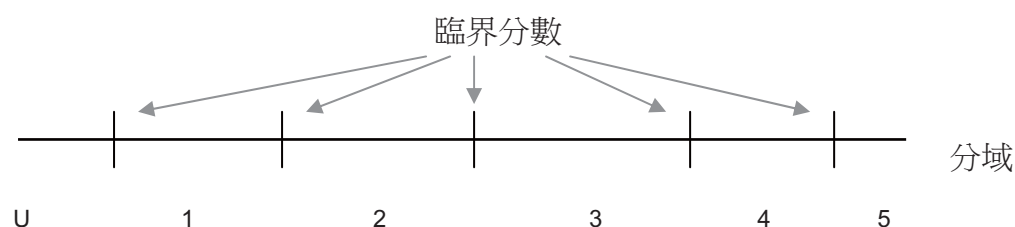


圖 5.1 按科目分域上的臨界分數訂定表現等級

香港中學文憑會以五個臨界分數來訂定五個表現等級（1 至 5），第 5 級為最高等級。表現低於第 1 級的起始臨界分數會標示為「未能評級」（U）。

各等級將附有一套描述，以說明有關等級的典型學生的能力水平。制定這些等級描述的原則，是它們須描述該等級的典型學生所能掌握的能力，而非不能掌握的；換言之，它們須正面而非負面地描述考生的表現。這些等級描述所說明的只是「平均而言」的表現，未必能準確地應用於個別考生，他們在某一科目可能表現參差，跨越兩個或以上的等級。各等級的學生表現樣本可以用來闡明預期學生達至的水平。一併使用這些樣本與等級描述，有助釐清各等級的預期水平。

在訂定香港中學文憑第 4 級和第 5 級的等級水平時，已參照香港高級程度會考 A 至 D 級的水平。此舉的目的在於確保各香港中學文憑跟以往的評核模式有一定程度的延續性，以方便大專院校的遴選工作，以及維持國際認可性。需要強調的是，這個安排是要令有關等級的水平，而非其百分比，在不同年份維持不變。事實上，這些等級分佈的百分比是會因學生的整體表現而有所改變的。

頒予考生的整體等級由公開考試和校本評核的成績組成。物理科會用統計方法調整校本評核的成績，以調控學校間在校本評核評分準則上的差異，但會維持學校對學生的評級排序。

為了提高公開評核的區別能力供遴選之用，在考獲第 5 等級的考生中，表現最優異的將以「**」標示，隨後表現較佳的則以「*」標示。香港中學文憑的證書將會記錄考生考獲的等級。

第六章 學與教資源

本章旨在說明選擇和善用學與教資源（包括教科書）對促進學生學習的重要性。為支援學生的學習，學校須甄選、調適和在適當時候發展相關資源。

6.1 學與教資源的目的和功能

適當的學與教資源能幫助學生建立知識，發展需要的學習策略、共通能力、正面價值和積極的態度。教師應在課堂中善用各式各樣的資源，而非只包括教科書，一如互聯網上的資源，不單可為學生提供互動學習的機會，同時還可以讓學生趕上前沿科學與科技的發展，擴闊學術視野。

校本學與教教材亦是有效的資源，它們補足教科書並照顧學生不同的需要。能提供學校以外的學習機會和建立學生抽象思維和概念的學習資源尤為有效。在教師的指導下，學生可使用這些資源獨立學習。有效地使用教與學資源，可推動學生建構個人知識，同時亦為終身學習建立穩固的基礎。

6.2 主導原則

為了滿足不同課堂的目標，並配合不同學生的能力，教師應選取有關物理科不同的學與教資源。這些資源應能：

- 提供特定和合適的學習目的和學習方向；
- 向教師和學生表明學習本課程所需的基礎知識；
- 向學生提供多元化的學習活動，並協助他們明白所學內容與物理學概念和原理之間的聯繫；
- 引導學生基於事實作闡釋和論證；
- 在應用上，提供足夠物理學概念和原理的練習；
- 提供評估作業和能反映及監察學習進度的準則；並
- 鼓勵課堂以外的探索，支援獨立和延續的學習。

6.3 資源的類別

6.3.1 教科書

在協助學生學習物理學概念和原理，以及鞏固學習經驗時，教科書的作用十分重要。但它們同時應能支援以學生為中心的學習，協助他們建構自己的模型、理論和理解。

學校應選取一套能引起學生學習動機和提升學習效能的物理學教科書。以下為學校在選取教科書時應注意的事項：

- 取向和涵蓋範圍 – 是否能促進課程所建議的知識、能力、價值和態度的建立；
- 學習內容的適切性 – 是否提供掌握知識的途徑和學習鷹架，以促進物理學的學習；
- 語文水平 – 所用的語文是否含糊不清；
- 合適的學習活動 – 是否能引起學生的興趣，引導他們主動地完成學習任務，並鼓勵他們獨立學習；
- 例題和圖示的運用 – 例題和圖示是否恰當，有助學習，不會引致曲解；
- 有關實驗活動的安全事宜 – 是否提供適當的提示及明顯的危險警告字句。

教育局已制訂一系列有關撰寫、審閱和挑選教科書的指導原則。教師為學生挑選以學習者為中心的教科書時，宜參考在 <http://www.edb.gov.hk/cd> 網頁上所載的指引。教育局亦已製備一份適用書目表，並將定期更新以供學校參考。

6.3.2 參考資料

學習物理學應透過廣泛的閱讀，以達至深入的理解和獲得廣闊的視野。建立「文本豐富」的環境是相當重要的，其中包括大量與課程相關、配合不同學生學術程度、語文能力和興趣的材料，這有助學生培養對物理學的閱讀習慣，激發他們對物理學及其發展的終身興趣。下列所建議的參考資料將有助達成此目標。

(1) 期刊和雜誌文章

物理學上最新發展的資料都可以在教育或科學研究的雜誌中找到。這些文章一般都超越只簡單報告如何帶領一個學與教的活動，更會建議如何把活

動整合於課程之中，以及課堂上如何進行活動。附錄二已列出一些常見的期刊和雜誌以供教師參考。學校的圖書館教師可協助教師和學生找出和取得有關的期刊和雜誌。

(2) 媒體資源

媒體上有大量可促進學習物理學的有趣參考資料和印刷材料。這些材料可以是關於科學、科技、社會和環境的文章，或是有關物理學知識的故事，也可以是刊登在報紙或科學雜誌上、展示有趣的物理現象和概念的廣告和卡通漫畫。報紙和電視節目經常報導有關物理學的議題和問題，以及它們對社會的影響，學生可按自己的興趣搜集相關的文章，例如交通意外、臭氧層的損耗、流動電話的潛在危險，以及有關物理學的最新發明和發現。深入分析這些材料能獲得課堂以外寶貴的學習經歷。

6.3.3 互聯網與科技

現代新資訊的大量湧現，促使學與教的方法不斷更新。策略性使用互聯網和科技能使學生更投入學習和更容易取得知識，並使資訊服務更為方便，從而轉化學與教的方式。

互聯網與科技在下列情況下將有助學生學習物理學：

- 為學習艱深的概念提供視聽教材；
- 從各式各樣的來源中搜尋資料、處理大量資訊、並從中選取有效和有用的部分；
- 讓學生按自己進度來學習，包括使用特別設計的軟件套；
- 增強學習者之間、學習者與資源/教師之間的互動；
- 促使學習者之間、學習者與教師之間的協作；
- 在適當的指導下，促進資料的獲取、明辨性思考的培養和知識的建構。

教師應充分利用適合物理科學與教的眾多有用網頁和電腦軟件程式，例如利用互動的駐波動畫幫助學生探究兩個波的疊加。不斷湧現的網站在不同的熱門課題上亦可提供豐富的、與物理學相關的資料，如納米科技、醫療診斷、核能、輻射保護、環境保護、可再生能源和能源效益等。

適當地使用科技是一個有效學習物理學的方法。但是，並非只有最新的產品才能滿足學與教的目的。科技的使用可以從影音光碟播放器和電視，到最新產品，如平板電腦和流動無線網絡系統，其中最重要的原則是「配合目的」。

6.3.4 教育局發展的資源

教育局將不斷發展學與教策略和物理科探究研習的資源，目的是為教師提供意念，設計適合學生的學與教活動。教師在使用這些資源時，或許需根據學生的需要作出調整。下列是部分資源：

- 運動錄像分析軟件(MVA)、情境物理和文章閱讀的材料。這些資源將不斷更新，以配合物理科課程。
- 《科學實驗室安全》(教育局，2013)是一套有用的資源，提供有關實驗室日常運作、室外或實地考察活動的安全指引和資料。
- 各種共同研發項目的經驗，如「科學教育的合理決定」、「以評估促進科學學習」、「發展學生的科學思維和過程技能」和「協作發展評估活動及其評估準則」，以促進高中科學課程的學與教」均屬良好的資料來源。

一份由教育局製作的有關物理科學與教資源的清單已列印於附錄三內，供教師參考。除此之外，有關學與教策略和課程重點的新資源亦將不斷發展，為設計合適學生的學與教活動提供意念。為協助學校面對課程轉變，教育局已在 www.edb.gov.hk/cr/tc 網頁內建立課程資源目錄，透過中央一站式的服務，向學校提供由教育局及其他機構編製的學與教資源和適用的參考資料，以備取用。教師可參考課程補充資料以進一步了解物理課程的深度和廣度。

6.3.5 社區資源

學生若能將學習與日常生活的事物相聯繫，可使物理學的學習更有效和更有意義。專業團體、非官方組織及政府機構是支援物理科學與教的良好資源，既可為教師提供專業發展的機會，亦可為學生提供合適的學習經歷。以下是部分有關的組織和機構：

- 專業團體 – 如香港數理教育學會和香港物理學會；
- 非官方組織 – 如香港新一代文化協會和電機暨電子工程師學會（香港分會）；
- 政府部門 – 如環境保護處、機電工程處、醫院管理局和衛生署

事實上，社區中不同的團體亦提供有關物理科課程的各種資源，下列是部分例子：

(1) 專上學院的專題計畫

專上學院在為中學發展學習科學的資源方面，一直扮演着主動的角色。專題計畫，如「在科學科目上應用『個案基礎學習法』以促進『學會學習』」和「以創新教學活動提升高中學生對科學本質及科學、科技與社會的互動關係的了解」是有效學習物理學的有用資源。

(2) 校外的學習經歷

物理科課程中有很多課題都與本地的環境有直接關係。例如參觀香港科學館及本地多所大學能培養學生對物理學的興趣及認識其前沿發展。同樣地，部分與物理學有關的活動，如聯校科學展覽，亦能為學生提供寶貴和真實的經歷。

實地考察能讓學生在知識建構中整合重要的概念。學生在實地考察時，會主動及更好地理解與物理學相關的現象。一些組織，如香港海洋公園和可觀自然教育中心暨天文館可以提供全方位的學習情境；部分組織更可為學生安排教育導賞團。學校可依據個別團體的特色為學生設計不同的學習計畫。

(3) 比賽

透過參與本地舉辦的專題比賽，如香港學生科學比賽和中六物理學研習計畫，學生獲得的經驗可以為科學探究和發明提供寶貴的意念。其他的比賽，如香港物理奧林匹克比賽和國際物理奧林匹克比賽，則可為物理能力卓越的學生帶來挑戰。

(4) 圖書館資源

不論學校或公共圖書館均提供不同的文本和多媒體資源以促進學習。圖書館亦經常舉辦有助推廣閱讀和學習的活動，如閱讀計畫、書展以及有關閱讀或學習技能的講座。教師從館中可找到支援性的資源，如本章所提及的期刊、文章和雜誌等，幫助他們編撰學與教的材料。學生則可在此搜集探究活動的背景資料，深入探討與科學、科技、社會和環境有關的物理學課題，和建立本科的穩固知識基礎。主動、恆常及恰當地使用圖書館資源，有助學生發展自學的技能，培養有用的閱讀習慣，以至成為獨立的終身學習者。

(5) 家長和校友

家長和校友能補足學校的工作。一般而言，家長可提供學校以外的延伸學習經歷以支援課程，例如與他們的子女討論與物理學有關的社會、道德、

倫理議題。家長可善用本指引中提及的資源，以及利用公共圖書館啟發子女的探索思維，他們亦可引導子女欣賞學習的價值。學校更可邀請不同專業的家長進行演講或講課，在不同的學術範疇內為學生提供活生生的知識。

校友是支援學生學習的好資源。學校可邀請校友分享在校內學習本科，以及與本科有關的大專教育的學習經驗、並討論相關的職業。他們亦可在學校的特別活動中有所貢獻，例如在開放日和科學節裏擔任顧問或講者。學校亦可建立修讀與物理學相關專業的校友網絡，擴闊學生對學習物理學前景的視野。

6.4 學與教資源的運用

為協助學校實施高中課程，教育局會繼續向學校提供額外資源，並讓學校有更大彈性，按不同的需要調撥資源。學校請不時參閱教育局發出的有關最新通告。

成功使用學與教資源有助學生整合、練習和應用新知識。教師應根據學生的需要、能力和興趣，靈活地使用現存或自製的學與教資源。教科書可作為學與教活動的基本、但不是唯一的資源，教師應運用自己的判斷，甄選、調適和調節有關的資源，以配合不同學習目的。

教師在引入不同的學與教資源時，可考慮下列各項：

- 緊記課程的學習目標和目的，以及識別各課題的重點。
- 選取互動和吸引學生主動參與的活動。
- 剪裁學與教資源以照顧學生的多樣性。
- 設計具挑戰性的活動。在活動中，能力較佳的學生可略去容易的部分，而能力稍遜的學生則可跳過困難的地方。

能力稍遜的學生所用的學與教材料宜較有組織和系統性，以便幫助他們先行理解物理科課題內的核心部分，再輔以額外資源，從而達至學習目標、鞏固所學，並建構自己的知識。對於資優的學生，則應針對高階思維提供更具挑戰性的學與教材料，從而強化他們的明辨性和創意思維，以及其他的共通能力。

6.5 資源管理

6.5.1 獲取有用的資源

學生和教師均有責任確立有用的資源。例如，教師可向學生提供一些專為學習特定課題的網址和參考書；學生則可透過互聯網、圖書館、政府部門和其他機構搜集有用的資源，更可建議豐富資源的方法。

6.5.2 分享資源

學校應作出安排，並提供以下機會，促成學與教資源的分享：

- 教師與學生在學校內利用內聯網或其他方法分享學與教資源；
- 教師宜充分利用已建立完備的網絡平台，如香港教育城(HKEdCity)，與同工分享物理學教育的最新發展資訊、學與教經驗和本地開發的學與教資源；
- 教師在採用不同類型的學與教資源時，可反思自己的教學，以及與同工交流經驗。

6.5.3 貯存資源

學校應委派統籌人員管理資源的使用和貯存，並持有一份最新的資源庫存清單。運用資訊科技有助物理科的資料管理和貯存。例如，透過學校的內聯網，學生和教師能更容易取得本科特定課題的學與教資源。一些學校經常使用的軟件，如試算表、文字處理和數據庫程式，也是達至此目標的優良工具。學與教資源和實驗室儀器的系統性紀錄，以及易於存取的方法，可幫助學生提昇學習的效能。

物理科教師應與學校圖書館教師緊密合作，收集和有系統地貯存學與教的資源，並為學生提供不同種類的閱讀和學習材料。圖書館教師作為資訊處理的專家，應幫助學生獲取技能，培養他們的良好態度，適當且有道德地使用資訊。

(空白頁)

配合學生不同需要的時間表編排和教師調配

科學教育學習領域共提供了四個選修科目，分別為生物、化學、物理和科學科（包括模式 I 和模式 II）。這些選修科可以配合個別學生在其他學習領域的選修科目，而衍生出一系列不同的科目組合，滿足興趣和志向日益多元化的學生。學校在設計時間表和調配教師時可參考以下建議：

開設模式 I — 綜合科學課程

倘若學校只有一班學生修讀此選修科目，時間表的安排可與其他選修科目無異。一般來說，學校會安排一位教師教授同一班學生三年的課程。不過，為配合本科的跨學科本質，學校可考慮安排具不同專科背景的教師教授本科的不同年級（中四、五和六）課程，或安排兩位具不同專科背景的教師教授同一班學生，讓教師得以專注教授其擅長的單元，有助減輕教師在準備這課程的工作量。

我們鼓勵學校推動教師之間的協作，包括共同備課、協作教學和互相觀課等，讓教師互相學習。學校亦可在時間表內為教師預留共同備課的時間。

學校若同時為兩班或以上的學生提供本科，我們建議學校安排具不同專科背景的教師負責教授不同的班別，並在制定時間表時加以配合，讓教師可以換班授課，專注教授他們擅長的單元。我們期望本課程運作幾年後，每位教師均能獨當一面地教授整個課程，並有效地監察學生的學習進度。

下表列出不同安排方案，學校可根據本身的資源及教師的情況選擇採納：

選擇甲：由一位教師教授同一班學生三年的課程。在這種安排下，教師需教授其專科以外的課程。學校應為教師作出適當的安排，讓教師有充足時間參加專業培訓課程、充實學科知識以及備課。

選擇乙：安排具不同專科背景的教師合教一個班別。這樣，教師備課時可專注於其擅長的單元。

選擇丙：由兩位具不同專科背景的教師教授兩個班別，每人各自負責一班。兩位教師應定期進行交流，互相指導並協助對方準備教學材料。

選擇丁：由兩位具不同專科背景的教師教授兩個班別，透過時間表的特別安排，兩位教師可在同一學年內不同時間互換班別授課。

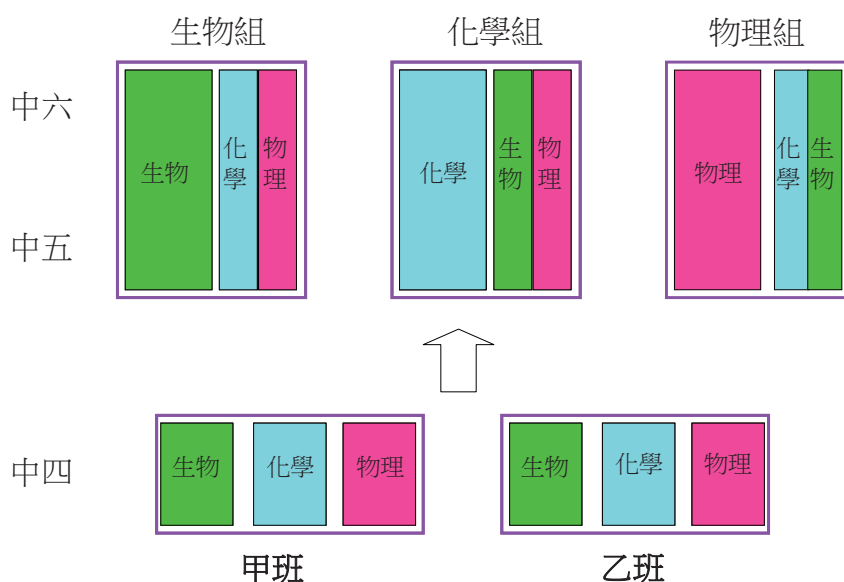
開設模式 II — 組合科學科課程

組合科學科課程是為在科學教育學習領域內修讀兩個選修科目的學生而設的。這課程由三個部分組成，各部分的内容分別選自生物、化學及物理科課程。除了已選定的一個科學專修科目，學生須修讀組合科學科課程其餘兩個部分。為使課程能順利實施，校方須於時間表及教師調配上作出特別安排。

為擴闊學生的知識基礎，我們建議學校在中四為學生提供較多的選修科目，並引導他們在中五及中六集中修讀兩至三個選修科目。換言之，學生如有意在科學教育學習領域內修讀兩個選修科目，須在中四利用兩個選修科目的課時修讀生物、化學和物理科的部分課程。倘若各選修科目在每個循環週共有四節，學校可在中四時為各科安排三節課。在規畫中四課程時，教師應參考有關的課程及評估指引，選擇適合的課題以幫助學生建立廣闊的知識基礎。而在規畫中五及中六的課程時，學校可考慮下列兩種安排：

(1) 靈活分組及分班安排

將兩個或三個班別的學生按其專修科目分為三組，即生物組、化學組及物理組。如下圖所示，學生在每個循環週須上專修科目的四節課，及另外兩個科目各兩節。



以兩班學生同時在科學教育學習領域內修讀兩個選修科目為例

為方便分班安排，學校應在時間表中為生物、化學及物理科教師安排三個共用時段。即是說，在第一個時段的四節中，各科教師將照顧專修其任教科目的一組學生。在第二及第三個時段，教師將用兩課節的時間照顧修讀其他兩個專修科目的學生。

	生物科教師	化學科教師	物理科教師
第一時段 (四節)	生物 (生物組)	化學 (化學組)	物理 (物理組)
第二時段 (兩節)	組合科學 (生物部分) (化學組)	組合科學 (化學部分) (物理組)	組合科學 (物理部分) (生物組)
第三時段 (兩節)	組合科學 (生物部分) (物理組)	組合科學 (化學部分) (生物組)	組合科學 (物理部分) (化學組)

(2) 整段式時間表安排

學校可在三個班別的時間表中安排三個共用時段。每個時段同時提供三個科目，學生可在該三個科目中任選其一。

	甲班	乙班	丙班	其他班別
核心科目	中國語文	中國語文	中國語文	中國語文
	英國語文	英國語文	英國語文	英國語文
	數學	數學	數學	數學
	通識教育	通識教育	通識教育	通識教育
第一時段	生物 / 組合科學（化學、生物） / 其他學習領域的科目（X）			綜合科學
第二時段	化學 / 組合科學（物理、化學） / 其他學習領域的科目（X）			其他學習領域的科目（X）
第三時段	物理 / 組合科學（生物、物理） / 其他學習領域的科目（X）			其他學習領域的科目（X）

就上述安排，X 代表其他學習領域的選修科目或應用學習課程。甲、乙和丙班的學生可作以下的選擇：

- 生物 + 2X
- 化學 + 2X
- 物理 + 2X
- 生物 + 組合科學（物理、化學）+ X
- 化學 + 組合科學（生物、物理）+ X
- 物理 + 組合科學（化學、生物）+ X
- 生物 + 化學 + X
- 化學 + 物理 + X
- 生物 + 物理 + X
- 生物 + 化學 + 物理
- 3X（其他學習領域的科目/應用學習課程）

配合以上的時間表，學校需要兩位生物科教師、兩位化學科教師和兩位物理科教師參與。例如，在第三時段中，一位物理科教師負責物理組的四節物理課，而另一位物理科教師則負責組合科學科的两節物理課。

期刊和雜誌

1. Physics Education

<http://www.iop.org/journals/physed>

《Physics Education》為一本國際期刊，編撰文章以支援中學教師，內容進深至大學入門的程度，為任教於中學及專上學校的物理科教師提供支援，以及有關物理學最新發展和教學方法的資料。

2. The Physics Teacher

<http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/tpt>

《The Physics Teacher》發表有關物理學研究、物理學歷史及哲學、應用物理學、課程發展、教學法、實驗儀器說明和書評等文章。

3. The Science Teacher

<http://www.nsta.org/highschool#journal>

由美國（全國）理科教師協會出版，每年九冊。由中學理科教師同儕評閱的學術期刊，每期均設「專題」文章。

4. 物理教學探討

《物理教學探討》半月刊為國家基礎教育類核心期刊之一，由西南師範大學物理學院主編，針對中學物理科教師而編撰，發表國內學者及中學教師討論有關物理科教學的文章。內容包括專家論壇、教學改革、教材教法研究和問題討論等。

5. 物理教師

《物理教師》月刊由中國教育學會物理教學專業委員會及蘇州大學合編，發表國內學者及中學教師討論有關中學物理科教學的文章或研究成果，內容包括教育理論研究、教材與教法、初中園地、物理實驗、物理學家和物理學史等。

6. 中學物理

《中學物理》半月刊由中國教育學會物理教學專業委員會及哈爾濱師範大學合編，發表國內學者及中學教師討論有關中學物理科教學的文章或研究成果，內容包括教學論壇、經驗交流、教材研究、學科滲透和微格教學等。

7. 物理教學

《物理教學》月刊為中等教育類核心期刊及中國科協優秀期刊之一，由中國科學技術協會主管、中國物理學會主辦，針對中學物理科教師而編撰，發表國內學者及中學教師討論有關物理科教學的文章。內容包括論壇、專題研究、教學研究、研究性教學、物理實驗、國外教學和實驗等。

教育局編製的資源

1. 物理園

<http://www.hk-phy.org>

教師和學生可於物理園找到多種教學資源。網站分為七大區域，包括：網頁簡介、教師專區、物理史話、教學資源、有趣問題、物理新知和有用連結。網站為教師提供支援改革物理學課程的資源。大部分資源（例如工作紙、PowerPoint筆記、錄像和圖表）均可供大眾使用，惟部分資源只限註冊會員使用。物理園是一個持續發展的網站，網站內容不斷推陳出新。

2. 情境物理

<http://www.hk-phy.org/contextual/>

這個網頁提供有關教學、試教、課程指引和參考資料資源的連結，提倡物理情境教學法，並為教師提供討論園地和共享園地。支援情境教學法的課題，包括運動、力、動量、能量、溫度、熱、熱的傳遞和物態變化等。

3. 海洋公園物理

<http://www.hk-phy.org/oceanpark/>

海洋公園情境物理網站提供支援在課堂以外學習的資源。在網站內，有極速之旅、登山纜車、海洋劇場、過山車和摩天塔的學習活動、工作紙和錄像可供下載。教師也可下載「運動錄像分析軟件」來分析錄像中物體的運動（例如海豚跳高和極速之旅）。

4. 運用數據記錄儀於物理科教學

<http://data-log.hkedcity.net/physicsc/index.shtml>

這個網站提供有關教授物理科時運用數據記錄儀的全面教學資源，課題包括：力學、電磁學、光學與波動狀態，以及熱與能量。各課題均有一系列的實驗和建議教學活動。這個網頁提供各個範疇，如操作、界面、傳感器、軟件和採購的資源。

5. 從閱讀中學習

http://resources.edb.gov.hk/physics/index_c.html

「促進學生學習科學的網上文章」網站為物理科教師提供資源，提倡從閱讀中學習，當中載有本地物理學家的中、英文文章。文章的主題包羅萬有，讓學生可讀到各種有趣的文章，如橋樑、房屋、集成電路、激光器、微波、鐳射測速、無線電通訊、太陽能、智能材料、雙星和其他題目。網站內提供大量連結，讓教師和學生獲取豐富的閱讀材料。此外，網站也提供跟進活動和建議教學活動，供讀者使用。

6. 物理科常用詞彙

http://cd1.edb.hkedcity.net/cd/science/glossarysci_eng.html

這個網站為教師和學生提供一個互動網絡平台，讓他們可搜尋在中學教授物理學時常用的英漢名詞。網站提供關鍵字搜尋。

7. 物理廊

<http://iworld.hkedcity.net/physics>

這個網站提供平台，讓物理科教師分享教學意見、模擬測驗、課堂計畫、實驗活動、錄像和相片。在共享資源區域中，載有有趣和有用的資源可供下載。此外，網站也為教師提供最新消息、討論區、有用連結和教學設計。

8. 能源效益

http://www.hk-phy.org/energy/index_c.html

這個網站提供有關 (1)能量的產生、(2)家居能源效益、(3)商業/工業能源效益和(4)另類能源的全面資料，作為選修部分中「能量和能源的使用」的輔助材料。網站內有工作紙、錄像和閃動動畫程式供註冊會員使用。此外，網站也具有一個互動電子學習平台，促進有關「能量和能源的使用」的網絡學習。

9. 原子世界

http://www.hk-phy.org/atomic_world

本網頁為新高中物理課程的選修課題「原子世界」而設，包含豐富且有系統的納米科學的學與教材料。教師可下載不同的材料，如學習活動資料、有關碳分子結構、透射電子顯微鏡和掃描隧穿顯微鏡運作原理的模擬片段等，作教學和自學之用。

10. 醫學物理學

<http://www.hkedcity.net/article/project/medicalphysics/>

本網頁為新高中物理課程的選修課題「醫學物理學」而設，提供教師互動式的學與教示例，演示較抽象的醫學影像學概念。示例利用互動式的動畫介紹概念。課題包括使用非電離輻射(例如 A-掃描和 B-掃描)和電離輻射(放射攝照圖像和 CT)。網站也提供學習目標，背景資料、學習活動及答問供教師參考。

11. 物理科專科語體答題及應用

<http://edb.hkedcity.net/phygenres/zh/index.htm>

本網頁包括語體筆記、教學設計、網上互動練習，以及物理科專科語體常用的參考教材。教師可使用這些教材教授物理科專科語體，以助學生改善物理科寫作技巧。

詞彙釋義

用語

解釋

應用學習

(前稱職業導向教育)

應用學習(前稱職業導向教育)是高中課程的重要組成部分。應用學習以寬廣的專業和職業領域作為學習平台，幫助學生發展其基礎技能、思考能力、人際關係、價值觀及態度和與職業相關的能力，為未來進修、工作及終身學習做好準備。應用學習課程與 24 個科目互相補足，使高中課程更多樣化。

評核目標

公開評核所評核的課程學習成果。

兩文三語

「兩文」指中文、英文書面語，「三語」指粵語、普通話和英語口語。香港的語文教育政策，是以「兩文三語」為目標，期望學生兼擅中英語文，能書寫通順的中文、英文，操流利的粵語、普通話和英語。

共同建構

學與教的「共同建構」取向與「直接傳授」及「建構」取向不同，強調課堂內的教師和學生是一個學習社群，各成員共同參與，從而創造知識，並建立判斷知識的準則。

核心科目

建議所有高中學生都修讀的科目，包括：中國語文、英國語文、數學及通識教育科。

課程及評估指引

由課程發展議會與香港考試及評核局聯合制訂。內容包括課程宗旨、課程架構、課程規畫，學與教的建議及評估方式等。

課程銜接

課程銜接是指不同學習/教育階段課程(包括個別科目)的銜接，如幼稚園、小一(幼稚園與小學)，小六及初中一(小學與中學)，初中三與高中四(初中與高中)。本港學校課程架構以八個學習領域(不是個別科目)、九種共通能力，以及價值觀和態度來建構連貫各學習階段的課程，並以五種基要的學習經歷來貫徹全人發展的教育目標。因此，學生在踏進高中學習階段時，他們應已具備各科所需的知識和能力基礎。教師在設計有關學與教的內容和策略時，亦應考慮學生在先前學習階段的已有知識和學習經歷，幫助他們適應新的學習。

用語

解釋

選修科目

為配合學生不同的興趣、能力和志向，在不同學習領域內設立了二十個科目，供高中學生選擇。

共通能力

共通能力主要是幫助學生學會掌握知識、建構知識和應用所學知識解決新問題。通過不同科目或學習領域的學與教，可以培養學生的共通能力。這些能力還可以遷移到其他學習情況中使用。香港學校課程訂出九種共通能力，包括：協作能力、溝通能力、創造力、明辨性思考能力、運用資訊科技能力、運算能力、解決問題能力、自我管理能力和研習能力。

香港中學文憑

學生完成三年高中課程，參加公開評核後獲頒授的證書。

校內評估

是校內恆常進行對學生學習表現的評估活動。校內評估是校內學與教的一部分，以促進學生學習為主要目的。教師可根據評估所得的資料，了解學生在學習過程中的表現，給予學生適當的回饋，同時按所需修訂教學目標和調整教學策略。

學習領域

學習領域是組織學校課程的一種方法。把主要知識領域中基本和相關的概念聯繫在一起，目的是為學生提供一個全面、均衡、連貫及涵蓋各種重要學習經歷的課程。本港學校課程劃分為八個學習領域，即中國語文教育，英國語文教育，數學教育，個人、社會及人文教育，科學教育，科技教育，藝術教育和體育。

知識建構

這是指學習者在學習過程當中，並非單純獲取知識，更能主動地連結到自己原有的知識和經驗，從而建立及形成自己的知識體系。

學生的多樣性

每個學生都是獨立的個體，各有不同的稟賦，性向、才情，智能、喜好也各有差異，而學習經歷、家庭、社會、經濟、文化等因素的影響，都構成他們在學習能力、學習興趣、學習方式等的不同。

學習社群

學習社群是指一群有共同價值觀與目標的成員緊密合作，積極參與、協作及反思，從而孳生蕃衍新知識，並創建學習的新方法。在學校的情境，學習社群除了學生與教師之外，往往更涉及學生家長及其他社群。

用語

解釋

學習差異

是指學生在學習過程中自然存在的學習差距。照顧學生學習差異，並不是強要拉近學生之間的差距，而是要充分利用學生的不同稟賦，並視之為促進有效學與教的寶貴資源。在教學上應珍視每個學生的獨特才具，因材施教，幫助他們了解自己的性向和才能，為他們創設空間，發揮潛能，獲取成就。

學習成果

是指預期學生完成課程或某學習階段後的學習表現，是根據課程的學習目標及學習重點而擬定，可作為評估學習成效的依據，並反映學生在課程學習後應能達到的學習表現，以促進他們的學習。

學習目標與學習重點

- 學習目標涵蓋課程要求學生學習的重要範圍，包括知識、能力和價值觀等，並訂定出課程學習的方向，以作為學校規畫課程的依據。
- 學習重點是根據學習目標發展出來的重點內容，作為學校設計課程和教學的參考。學習重點具體地說明學生在不同學習階段、不同學習範疇所需學習的知識、需掌握的能力，以及需培養的興趣、態度和習慣等。

等級描述

是指在公開評核中某一個等級的典型學生能力的描述。

其他學習經歷

為促進學生的全人發展，「其他學習經歷」是在高中課程下三個組成部分的其中一環，以補足考試科目和應用學習(前稱職業導向教育)，當中包括：德育及公民教育、藝術發展、體育發展、社會服務以及與工作有關的經驗。

公開評核

與香港中學文憑相關的評核和考試制度。

校本評核調整機制

考評局用以調整學校提交校本評核分數的機制，以消弭教師給分時可能存在的差異，在調整過程中，教師所評學生的次第維持不變。

校本評核

校本評核是指在日常學與教中，由學校任課教師來評核學生的表現。評核的分數將計算入學生的公開評核成績。

用語

解釋

校本課程

我們鼓勵學校和教師採用中央課程，以發展本身的校本課程，從而幫助學生達到教育的目標和宗旨。措施可包括調整學習目標，以不同方式組織教學內容、提供科目的選擇、採用不同的學習、教學與評估策略。故此，校本課程其實是課程發展議會所提供的指引和學校與教師的專業自主之間，兩者取得平衡的成果。

水平參照成績匯報

水平參照是匯報考生公開評核成績的方法，意即參照一套水平標準匯報考生在每一個學科的表現。

學生學習概覽

除了香港中學文憑試和應用學習的成績紀錄外，「學生學習概覽」是一份補充資料，記錄學生在高中階段三年內參與各種學習活動的經歷、體驗和成就，以作為全人發展的佐證。

價值觀和態度

價值觀是構築態度和信念的基礎，而態度和信念則會影響人的行為及生活方式；價值觀則是學生應發展的素質，是行為和判斷的準則，例如：人權與責任、承擔精神、誠信及國民身分認同。與價值觀息息相關的態度會影響學習動機和認知能力。由於二者在學生的學習過程上有舉足輕重的影響，因此，價值觀和態度的培養成為學校課程的主要元素。

參考文獻

- 川合知二（編） 朱平、范啟富、孟雁（譯）（2004）《圖解納米技術》，上海：文匯出版社。
- 中華人民共和國教育部（2001）《全日制義務教育物理課程標準（實驗稿）》，北京：北京師範大學出版社。
- 中華人民共和國教育部（2002）《全日制義務教育物理課程標準解讀（實驗稿）》，湖北：湖北教育出版社。
- 中華人民共和國教育部（2003）《全日制普通高中物理課程標準（實驗稿）》，北京：人民教育出版社。
- 王海燕（2001）《新課程的理念與創新》，北京：北京師範大學出版社。
- 教育統籌局（2005）《高中及高等教育新學制——投資香港未來的行動方案》，香港：政府物流服務署。
- 教育統籌委員會（2000）《終身學習，全人發展——香港教育改革建議》，香港：政府印務局。
- 教育局（2013）《科學實驗室安全手冊》，香港：政府物流服務署。
- 教育部師範教育師組織（1999）《20世紀物理學概觀》，上海：上海科技教育出版社。
- 課程發展議會（1998）《中學課程綱要——科學科（中一至中三）》，香港：政府印務局。
- 課程發展議會（2001）《學會學習——課程發展路向發展》，香港：政府印務局。
- 課程發展議會（2002a）《科學教育學習領域課程指引（小一至中三）》，香港：政府印務局。
- 課程發展議會（2002b）《物理課程指引（中四及中五）》，香港：政府印務局。
- 課程發展議會（2002c）《基礎教育課程指引》，香港：政府印務局。
- 課程發展議會（2004）《高級補充程度及高級程度物理課程》，香港：教育統籌局。
- 課程發展議會（2009）《高中課程指引》，香港：政府物流服務署。
- 課程發展議會和香港考試及評核局（2007）《組合科學科課程及評估指引（中四至中六）》，香港：政府物流服務署。

- 課程與教學學會 (2001) 《行動研究與課程教學革新》，臺北：揚智文化。
- 戴道宣 (2003) 《納米——小天地裡的大世界》，上海：少年兒童出版社。
- 羅星凱 (1998) 《中學物理疑難實驗專題研究》，廣西：廣西師範大學出版社。
- 饒見維 (1996) 《教師專業發展》，臺北：五南。
- Alberta Learning. (1998). *Physics 20-30 (Senior High)*. Alberta: Alberta Learning. Retrieved January 18, 2007, from http://www.learning.gov.ab.ca/k_12/curriculum/bySubject/science/phy2030.pdf
- Angelo, T. A., & Cross, K. P. (1993). *Class assessment techniques - A handbook for college teachers*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Assessment and Qualifications Alliance. (2003a). *GCE Physics 2005 specification A*. Manchester: AQA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.aqa.org.uk/qual/pdf/AQA-5451-6451-W-SP-05.PDF>
- Assessment and Qualifications Alliance. (2003b). *GCSE Physics specification A (Modular) 2005*. Manchester: AQA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.aqa.org.uk/qual/pdf/AQA-3453-W-SP-05.PDF>
- Assessment and Qualifications Alliance. (2003c). *GCSE Physics specification B 2005*. Manchester: AQA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.aqa.org.uk/qual/pdf/AQA-3451-W-SP-05.PDF>
- Avison, J. H. (1994). A review of the new GCE A-Level Physics syllabuses for the 1996 examination in England and Wales. *Physics Education*, 29, 333-346.
- Bagge, S., & Pendrill, A.M. (2002). Classical physics experiments in the amusement park. *Physics Education*, 37(6), 507-511.
- Berger, R. (2002). The atomic force microscope: A low-cost model. *The Physics Teacher*, 40 (8), 502-503.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998a). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998b). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*, October, 139-148.
- Bloom, D., & Bloom, D.W. (2003). Vibrating wire loop and Bohr model. *The Physics Teacher*, 41 (5), 292-294.
- Board of Studies New South Wales. (2002). *Physics Stage 6 syllabus*. Sydney: Board of Studies NSW. Retrieved January 18, 2007, from http://www.boardofstudies.nsw.edu.au/syllabus_hsc/pdf_doc/physics_stg6_syl_03.doc
- Bodzin, A. M., & Cates, W. M. (2002). Inquiry dot com. *The Science Teacher*, 12, 48-52.

- Calvin, S. (2004). Following in Einstein's footsteps: Teaching the photoelectric effect. *The Physics Teacher*, 42 (6), 340-341.
- Chen, C. X., & Zhang, C. G. (1999). New demonstration of photoelectric effect. *The Physics Teacher*, 37(7), 442.
- Chiappetta, E. L. (1997). Inquiry-based science - Strategies and techniques for encouraging inquiry in the classroom. *The Science Teacher*, 10, 22-26.
- Cockayne, D. (2004). We can see atoms. *Physics Education*, 40(2), 134-138.
- Costa A. L. (2001). The Vision. In A. L., Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Council for the Curriculum Examinations and Assessment. (2001). *Physics GCSE specification*. Belfast: Northern Ireland Council for CEEA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.ccea.org.uk>
- Council for the Curriculum Examinations and Assessment. (2002). *GCE in Physics specification*. Belfast: Northern Ireland Council for CEEA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.ccea.org.uk>
- Curriculum Council. (2003). *Syllabus manual year 11 & 12 subjects 2004-2005 Vol. VII: Science*. Osborne Park: Curriculum Council. Retrieved January 18, 2007, from http://www.curriculum.wa.edu.au/pages/syllabus_manuals/volumes/VII_science/syllabus_manuals_0608/pdf/D409.pdf
- Demers, C. (2000). Beyond paper & pencil assessment. *Science and Children*, 10, 24-29.
- Dick, G. (2001a). *Physics 11*. Toronto: McGraw-Hill.
- Dick, G. (2001b). *Physics 12*. Toronto: McGraw-Hill.
- Edexcel. (2000a). *Edexcel GCSE in Physics A specification*. Notts: Edexcel Foundation. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.edexcel.org.uk/VirtualContent/18084.pdf>
- Edexcel. (2000b). *Edexcel GCSE in Physics B specification*. Notts: Edexcel Foundation. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.edexcel.org.uk/VirtualContent/18049.pdf>
- Edexcel. (2003a). *Edexcel Advanced Subsidiary GCE and Advanced GCE in Physics specifications*. London: London Qualifications Limited. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.edexcel.org.uk/VirtualContent/67509.pdf>
- Edexcel. (2003b). *Edexcel Advanced Subsidiary GCE and Advanced GCE in Physics (Salters Horners) specifications*. London: London Qualifications Limited. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.edexcel.org.uk/VirtualContent/67449.pdf>

- Fitzgerald, M. A. (2002). A rubric for selecting inquiry-based activities. *Science Scope*, 9, 22-25.
- Hafner, J. C., & Hafner, P. M. (2003). Quantitative analysis of the rubric as an assessment tool: An empirical study of student peer-group rating. *The International Journal of Science Education*, 25(12), 1509-1528.
- Hollins, M. (1990). *Medical physics*. Surrey: Thomas Nelson
- Institute of Physics. (2001a). *Advancing Physics A2*. Bristol: IOP.
- Institute of Physics. (2001b). *Advancing Physics AS*. Bristol: IOP.
- International Baccalaureate Organization. (2001). *IB diploma programme guide: Physics*. Geneva: IBO.
- Johnstone, A. H., Watt, A. et al. (1998). The students' attitude and cognition change to a physics laboratory. *Physics Education*, 33(1), 22-29.
- Kendall, J. S., & Marzano, R. J. (2000). *Content knowledge: A compendium of standards and benchmarks for K-12 education* (3rd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, Aurora, CO: Mid-Continent Research for Education and Learning.
- Li, L. Q. (2000). *Education for 1.3 billion*. Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press.
- Lo Presto, M. C. (1998). A closer look at the spectrum of helium. *The Physics Teacher*, 36 (3), 172-173.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 2, 34-37.
- Marzano, R. J., & Pollock, J. C. (2001). Standard-based thinking and reasoning skills. In A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking* (3rd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Ministry of Education. (1993). *Science in the New Zealand curriculum*. Wellington: Learning Media.
- Ministry of Education. (2000). *The Ontario curriculum grades 11 and 12: Science 2000*. Ontario: MOE. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.edu.gov.on.ca/eng/document/curricul/secondary/grade1112/science/science.pdf>
- Muncaster, R. (1996) *A-level Physics - Medical physics*. Gloucestershire: Stanley Thornes (Publishers) Ltd.
- Oxford Cambridge and RSA Examinations. (2001). *GCSE in Physics specification*. Cambridge: OCR.

- Oxford Cambridge and RSA Examinations. (2002a). *Advanced Subsidiary GCE and Advanced GCE Physics B (Advancing Physics) specifications* (2nd ed.). Cambridge: OCR.
- Oxford Cambridge and RSA Examinations. (2002b). *Advanced Subsidiary GCE and Advanced GCE Physics A specifications* (2nd ed.). Cambridge: OCR.
- Palmquist, B. C. (2002). Interactive spectra demonstration. *The Physics Teacher*, 40(3), 140-142.
- Parry, M. (1998). Introducing practical work post-16. *Physics Education*, 33(6), 346-355.
- Pasachoff, J. M. (2004). The Bohr staircase. *The Physics Teacher*, 42 (1), 38-39.
- Pope J. (1999). *Medical physics: Imaging*. Oxford: Heinemann Advanced Science.
- Queensland Studies Authority. (2001). *Physics trial-pilot senior syllabus*. Brisbane: QSA. Retrieved January 18, 2007, from http://www.qsa.qld.edu.au/yrs11_12/subjects/physics/t-pilot.pdf
- Riveros, H. G., Cabrera E., & Fujioka, J. (2004). Floating magnets as two-dimensional atomic models. *Physics Education*, 42, 242-245.
- Scottish Qualifications Authority. (2002a). *Physics Advanced Higher* (5th ed.). Glasgow: SQA. Retrieved January 18, 2007, from http://www.sqa.org.uk/files/nq/Physics_AH_4th_edit.pdf
- Scottish Qualifications Authority. (2002b). *Physics Higher* (3rd ed.). Glasgow: SQA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.sqa.org.uk/files/nq/PhysicsH5th.pdf>
- Serri, P. (1999). Practical assessment. *The Science Teacher*, 2, 34-37.
- Silva, A. A. (1994). Overcome inertia: Go to an amusement park! *Physics Education*, 29, 295-300.
- Stiggins, R. (2004). New assessment beliefs for a new school mission. *Phi Delta Kappan*, 86 (1), 22-27.
- Stinger, E. (1999). *Action research*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Swartz, C. (2006). All atoms are (about) the same size. *The Physics Teacher*, 44(1), 16-17.
- The College Entrance Examination Board. (2003). *2004, 2005 course description for AP Physics, Physics B and Physics C*. New York: CEEB. Retrieved January 18, 2007, from http://apcentral.collegeboard.com/apc/public/repository/05824apcoursdescphysi_4325.pdf
- Treagust, D. F., Jacobowitz R., et al. (2001). Using assessment as a guide in teaching for understanding: a case study of a middle school science learning about sound. *Science Education*, 85, 137-157.

Victorian Curriculum and Assessment Authority. (2004). *Physics study design*. Melbourne: VCAA. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.vcaa.vic.edu.au/vce/studies/physics/physicsd.pdf>

Welsh Joint Education. (2003). *WJEC Advanced Subsidiary GCE and Advanced GCE Physics specifications 2005-6*. Retrieved January 18, 2007, from <http://www.wjec.co.uk/alphysics05.pdf>

課程發展議會－香港考試及評核局物理委員會(高中) 委員名錄

(自 2003 年 12 月起至 2013 年 9 月止)

- 主席：** 許伯銘教授 (自 2005 年 10 月起)
彭永聰博士 (至 2005 年 9 月止)
- 委員：** 吳大琪教授 (至 2006 年 11 月止)
吳本韓博士
李維傑先生
邱穎怡女士 (自 2005 年 11 月起)
許伯銘教授 (至 2005 年 9 月止)
麥思源教授
黃小玲博士 (至 2005 年 9 月止)
黃偉強先生
溫家傑先生
劉國良先生
郭炳偉博士 (自 2005 年 11 月起)
- 當然委員：** 盧志立先生 (教育局)(至 2009 年 12 月止)
余漢裔先生 (教育局)(自 2009 年 12 月至 2010 年 6 月)
呂夢茹女士 (教育局)(自 2010 年 6 月至 2012 年 4 月)
劉耀漢博士 (教育局)(自 2012 年 4 月起)
司徒毓堂先生 (香港考試及評核局)
- 祕書：** 余漢裔先生 (教育局)(至 2009 年 12 月止)
劉耀漢博士 (教育局)(自 2009 年 12 月至 2012 年 4 月)
廖成波先生 (教育局)(自 2012 年 4 月起)

課程發展議會－香港考試及評核局 物理委員會委員名錄

(自 2013 年 9 月至 2015 年 8 月)

主席： 許伯銘教授

委員： 何有勝先生
吳本韓博士
邱穎怡女士
英佩詞先生
康仲賢先生
梁毅聰先生
郭炳偉博士
陳國森教授
勞偉籌博士
黃劍華先生
羅文惠先生

當然委員： 劉耀漢博士 (教育局) (自 2013 年 9 月至 2013 年 12 月)
蔡捷佳先生 (教育局) (自 2014 年 1 月起)
司徒毓堂先生 (香港考試及評核局)

祕書： 廖成波先生 (教育局) (自 2013 年 9 月至 2013 年 12 月)
劉耀漢博士 (教育局) (自 2014 年 1 月起)

課程發展議會－香港考試及評核局 物理委員會委員名錄

(自 2015 年 9 月至 2017 年 8 月)

主席： 陳國森教授

委員： 何有勝先生
林紫雲女士
英佩詞先生
鍾世澤先生
梁毅聰先生
郭炳偉博士
潘振聲博士
勞偉籌博士
黃劍華先生
羅文惠先生

當然委員： 蔡捷佳先生 (教育局)
司徒毓堂先生 (香港考試及評核局)

祕書： 劉耀漢博士 (教育局)