

更新物理（中四至中六）課程及評估架構

（諮詢稿）

課程發展議會
二零二六年六月

引言

《物理（中四至中六）課程及評估架構（諮詢稿）》闡述了高中物理課程的擬議更新內容。本課程文件闡明物理科（中四至中六）課程的建議課程理念、課程架構及評估架構，包括學習目標、課程重點、課程內容及公開評核。諮詢文件亦包含兩份附件，分別為「數字教育工具和人工智能於物理科學與教及評估的應用」及「高中科學科目學習的聯繫」，就推動數字及人工智能工具的有效教學應用，以及加強科學科目之間的課程連繫提供進一步指引。是次諮詢所收集的意見，將於編訂《科學教育學習領域物理課程及評估指引（中四至中六）》時予以考慮。

若對本文件有任何意見和建議，請致函：

香港九龍塘沙福道 19 號
九龍塘教育服務中心東座二樓 E232 室
教育局創新科技教育分部科學教育組
總課程發展主任（科學）
傳真: 2194 0670
電郵: science@edb.gov.hk

目錄

	頁數
引言	i
第一章 概論	1
1.1 背景	1
1.2 課程理念	1
1.3 課程宗旨	3
第二章 課程架構	4
2.1 學習目標	5
2.1.1 知識和理解	5
2.1.2 技能和過程	5
2.1.3 價值觀和態度	7
2.2 課程重點	10
2.2.1 科學探究	10
2.2.2 計算物理學	12
2.2.3 科學的本質	16
2.3 課程結構及組織	17
2.3.1 課程結構及時間分配	18
2.3.2 課程組織	18
2.3.3 課程內容	21
第三章 評估架構	58
3.1 評估目標	58
3.2 評核設計	58
3.2.1 評核模式	58
3.2.2 公開考試	59
3.2.3 校本評核	59
附件	
1. 數字教育工具和人工智能於物理科學與教及評估的應用	60
2. 高中科學科目學習的聯繫	65
3. 物理課程內容建議更新摘要	76
物理課程及評估檢視工作小組委員名錄	81
課程發展議會 – 香港考試及評核局物理委員會委員名錄	82

第一章 概論

1.1 背景

科學教育旨在培養學生對世界的好奇心，並提升其科學思維能力。學生透過系統性的科學探究建構科學知識與技能，以評估科學與科技發展的影響，從而為成為終身學習者和負責任的公民，以及為科學與科技世界作出貢獻做好準備。

建基於小學及初中的科學教育課程上，物理、為高中科學教育學習領域下的選修科目。《物理科課程及評估指引（中四至中六）》於 2007 年首次發布，其後分別於 2014 年 1 月及 2015 年 11 月根據 2012 年及 2014 年進行的短期檢討與中期檢討建議，以及其後學校課程的持續更新，對高中物理課程與評估作出微調。

自 2021 年「課程檢討專責小組」提出優化高中四個核心科目的建議後，包括物理科在內的選修科目課程與評估亦按相同方向進行檢討，以制定措施為學生創造空間，並照顧學習者的多樣性。2023 年 11 月，課程發展議會-香港考試及評核局委員會設立物理科工作小組，負責檢討及修訂物理科課程。除為學生創造空間及照顧學習者多樣性外，本次檢討亦旨在加強與更新後的《科學（中一至中三）課程架構》的銜接，進一步發展學生的科學素養，使其理解科學對生活與社會的影響與應用，並為創新與未來發展奠定科學基礎。本課程的修訂亦參照「優化課程迎接未來培育全人啟迪多元」專責小組報告、《中學教育課程指引》（2017）、《科學教育學習領域課程指引（小一至中六）》（2017）及《科學教育學習領域課程指引補充文件—科學（中一至中三）課程架構》（2025）所訂定的方向。

1.2 課程理念

物理科課程旨在激發學生對科學的熱情，培育其成為具備科學素養的學習者，並為他們在科學與科技領域的創新、升學及職業發展奠定堅實基礎。課程著重培養學生對物理世界及自然規律的好奇心，強化科學思維，並發展學生對物理知識的建立、傳意與應用的理解。

建基於此方向，物理科課程的兩項緊密相連的設計理念為：（一）**透過物理學習發展學生的科學素養**，使其能理解並應用物理定律與理論、科學思維及科學探究技能，以解釋現象、解決問題，並在日常生活中作出有明智的決定；（二）**為創新與未來發展建立穩固基礎**，透過裝備學生基要的物理概念與科學實踐能力，促進銜接與創新科技相關的學習與職業。課程透過整合核心物理概念、科學探究過程，以及價值觀與態度的連貫學習經歷，讓學生能解釋科學現象、解決問題並作出以證據為基礎的判斷，同時為他們日後進入創新為本和重視可持續發展的社會做好準備。

1.2.1 透過物理學習發展學生的科學素養

物理科課程旨在透過有意義的學習經歷，融合科學知識、探究實踐、與價值觀和態度，發展學生的科學素養。學生透過參與多元化的學習活動，例如實驗探究、物理模型的概念學習、科學探究、數據分析、物理的表達方式，以及科學與社會議題的討論等，讓他們學會運用科學思維解釋現象、解決問題，並在個人、社會與全球脈絡中評估與科學相關的議題。

學生理解物理知識如何被建構、測試與修訂，並學習運用恰當的物理語言與表達方式，建構以證據為基礎的解釋。他們亦會探討物理與科技發展對倫理、社會、經濟與環境的影響，從而提升作出明智決策的能力，認識科學的優點與限制，並能於科學發達與可持續發展的社會中採取負責任的行動。

1.2.2 為創新與未來發展建立穩固基礎

物理學是探討各種的自然規律，以及物理現象之間的行為與關係。學生在建立穩固的物理基礎後，可欣賞物理現象本質上的美麗與量化特質，並認識物理學在工程、醫學、經濟學以及其他科學與科技領域重要發展中所扮演的角色。

物理科課程旨在裝備學生具備堅實的理論知識、實踐能力與科學推理技能。透過以探究為本的學習方式，並在真實情境中應用物理概念，學生發展量

化推理與數據分析能力、明辨性思維，並深化對科學的本質及其與科技、社會及環境關聯的理解。

學生在高中同時修讀化學科和／或生物科與物理科，科學科目間的連貫性能強化對概念的理解及可遷移的共通能力，而共通的原理與探究實踐均有助鞏固學習、促進跨學科思維，並提升學生在不同領域中應用知識的能力。學生透過整合過程將知識融會貫通，幫助他們銜接升讀科學、工程、健康科學及其他創新領域的大專課程，從而在知識型經濟下的科學進步與可持續發展作出貢獻。

1.3 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；使他們在與物理學及科學、科技、工程、藝術及數學（STEAM）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：

- 對物理和科學產生興趣，保持好奇心和求知欲；
- 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；
- 掌握科學知識、進行科學探索的技能和科學推理探究物理現象，並展現創意和適應力以解決陌生問題；
- 運用科學方式思考、溝通和協作，以科學語言對物理相關問題進行討論、評估和做出明智的判斷；
- 認識物理對社會、倫理、經濟、環境和科技的影響，並以養成在可持續發展作負責任的公民；和
- 成為科學的終身學習者，為未來於科學、科技和工程相關領域的升學和職業做好準備。

第二章 課程架構

物理（中四至中六）課程架構體現了學生在高中階段應發展的核心知識、技能、價值觀與態度，並為學校及教師規劃校本課程、設計合適的學與教活動及評估安排提供基礎。

本課程的三個課程重點是「科學探究」、「計算物理學」和「科學的本質」，源於課程理念，旨在引導課程的設計與實施，以培育學生的科學素養，並提升其整合與應用跨範疇知識與技能，以有效且創意地應對現實世界挑戰的能力與承諾。

本課程是《初中科學（中一至中三）課程》的延續。課程設計充分考慮學生的前備知識與日常生活經驗，涵蓋物理學的主要範疇，並強調與社會、科技及環境議題的緊密關聯。課程架構由三個相互關聯的組成部分構成：學習目標、課程重點及課程內容。圖 2.1 展示了各組成部分之間的關係。

學習目標		
知識和理解	技能和過程	價值觀和態度
課程重點		
科學探究	計算物理學	科學的本質
課程內容		
經典物理學		物理學的 科學探究
生活中的物理		
現代物理學		

圖 2.1 物理科課程框架圖示

2.1 學習目標

2.1.1 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。

2.1.2 技能和過程

透過學習物理，學生有望培養共通能力，包括基本技能、思維能力、運用數字工具和人工智能、以及個人和社交技能，而具物理學特色的技能和過程是

- (1) 提出及定義問題
- (2) 計劃和進行探究/設計和落實解決方案
- (3) 分析和詮釋數據
- (4) 發展和運用物理模型
- (5) 建構科學推理與論證

(1) 提出及定義問題

學生應能

- 明辨事物和自然現象的各種表徵；
- 提出關鍵中肯的問題；
- 使用數字工具（包括人工智能）進行搜尋、挑選及整理物理資訊；
- 提出解釋科學現象的假設，並製定方案，以作驗證；
- 明辨在探究中相關的自變量和因變量；
- 闡明及分析物理學問題；
- 就有關問題提出創造性的理念或解決方案；和
- 擬定解決問題的方案，並評估方案的可行性。

(2) 計劃和進行探究/設計和落實解決方案

學生應能

- 應用物理學知識和原理解決問題；
- 製定恰當的策略以應付可能出現的問題；
- 製定進行探究工作的計畫和程序；
- 選用合適的方法、儀器及數字工具（如數據記錄儀和感應器、試算表、人工智能生成的電腦模擬程式）進行探究；
- 準確如實地觀測和記錄實驗結果；
- 選取合適的儀器設備和材料以進行探究；
- 規畫實驗的設計和步驟並執行；
- 在需要時，製定進一步的探究計畫；
- 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；和
- 尋找、蒐集、重整、分析和演繹來自圖書館、媒體、互聯網和多媒體軟件的資訊。

(3) 分析和詮釋數據

學生應能

- 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；
- 依據適當的理由作出抉擇；
- 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；
- 使用合適的數字工具（如電子試算表、繪圖軟件及人工智能）處理、詮釋及呈示實驗數據和科學資訊；
- 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；和
- 利用資訊科技處理及表達資料，發展自主學習習慣。

(4) 發展和運用物理模型

學生應能

- 利用合適的數字工具（如人工智能）辨識自然界中的複雜模式與規律，進而建構模型以預測未來的變化趨向；

- 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，體會理論模型的基本角色和功能；
- 體會到當找到新的或相反的證據時，現有的理論模型有修正的需要；
- 透過邏輯推理和實驗，檢驗各種理論和概念；
- 採用最合適的模型並能解釋違反直覺的現象；和
- 整合知識架構內的各種概念，並應用於新的情況。

(5) 建構科學推理與論證

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；
- 基於實驗證據，辨識偏見或誤解；
- 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；
- 採用精準合理的方式，組織、展示和傳達物理學概念；
- 運用適當策略與科學專題研習小組組員協作、討論和協商，達致有效率地工作；
- 藉由與可靠的科學資訊來源進行比對，評估數字工具及人工智能所產生的資訊、解釋與視覺化結果之可靠性、局限性及可能存在的偏見；和
- 明辨各種事實、意見和價值判斷，以便適當處理科學資訊。

2.1.3 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、堅毅和容忍不確定性等；
- 培養自我反省的習慣和明辨性思維的能力；
- 樂意交流和評論有關物理學和科學的議題；
- 培養廣闊胸襟，對其他人的意見和建設性批評持開放和歡迎的態度；
- 容忍和尊重即使是不合己意的主張和決定；

- 合乎道德和負責任地於科學領域運用數字工具和人工智能，包括保護資料隱私、適當地認可人工智能和數字輔助，以及避免抄襲；
- 認真負責地完成指定任務，並重視自己和他人的安全；和
- 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，對日常生活中的議題作出明智的判斷和決定；和
- 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

- 認識科學知識持續改進的本質，從而瞭解在科技世界中知識不斷更新的重要性；
- 經常關心科學、科技和物理學的新發展，並對此培養興趣；
- 在瞬息萬變、以知識為基礎的社會，體會終身學習的重要性；
- 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；和
- 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。

圖 2.2 總結課程部分重要的學習目標。

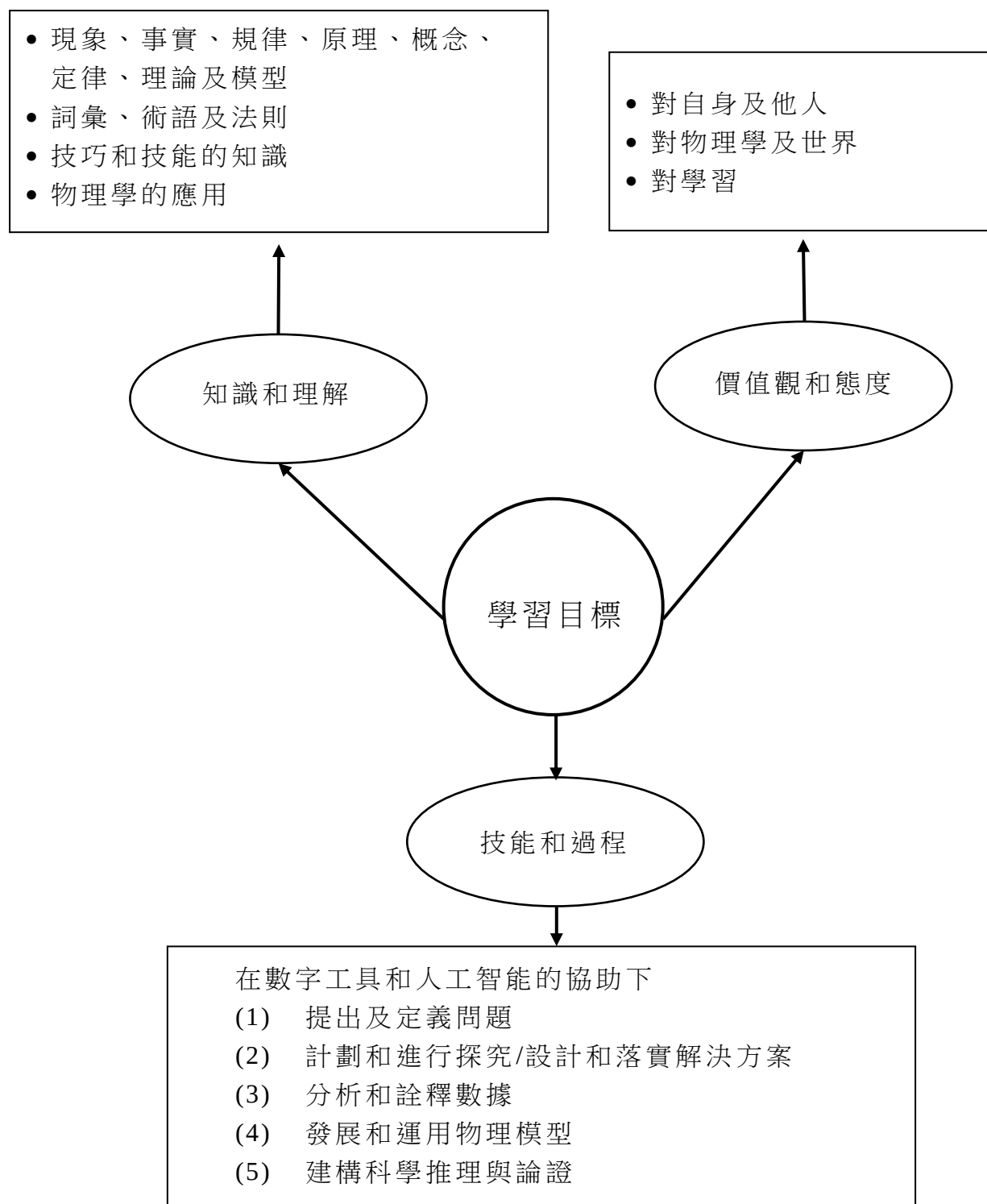


圖 2.2 物理科課程的學習目標

2.2 課程重點

三個課程重點包括**科學探究**、**計算物理學**和**科學的本質**，是本課程的重要組成部分，幫助學生培養基本技能，以應對現在和未來創新科技急速發展所帶來的挑戰。

2.2.1 科學探究

學生應透過實驗和探究學習活動以掌握物理學的科學探究技能，並了解物理學家如何發展物理模型和解決問題。

物理科(中四至中六)的科學探究技能

量度、數據分析和處理誤差是學習物理的基本技能。學生應學會安全使用儀器，準確量度數據，並適當地分析數據和處理誤差，以作出合理的結論。學生亦應學會使用合適的單位和數量級，從而合理地描述物理世界。

課程強調的科學探究技能，包括實驗技巧、數據分析、準確度和誤差處理，以及安全意識。

1. 實驗技巧

- i. 量度前先校準實驗儀器
- ii. 在適當的情況下進行粗略的初步測量和計算，例如評估最佳範圍以進行準確測量
- iii. 以最大準確度讀取的線性和角度量，例如直尺、彈簧秤及量角器
- iv. 能準確地對準或找出峰值
- v. 按電路圖連接和檢查電路元件，或畫出已連接的簡單電路的電路圖

2. 數據分析

- i. 了解 SI 基本單位和相應的物理量
- ii. 由基本單位的積或商推導單位
- iii. 適當地處理數據，並以表格和/或圖像呈現和表達結果
- iv. 利用合適比例繪線圖或擬合曲線

- v. 將公式轉換為線性圖，例如繪製 y 對 $\frac{1}{x}$ 以表示 $xy = \text{常數}$ ；繪製 y 對 $\frac{1}{x^2}$ 表示平方反比定律
- vi. 詮釋線圖中不同量的物理意義，例如截距、斜率、線圖下的面積等

3. 準確度和誤差處理

- i. 重複測量和識別異常值，以減少隨機誤差的影響
- ii. 使用適當的有效數字及/或小數點來表示結果以維持其預期準確度
- iii. 判別絕對誤差和相對(或百分)誤差
- iv. 估計簡單情況下的最大誤差
- v. 能合理地評估常見量度的數量級和準確度（不單是刻度讀數）

4. 安全意識

實驗活動

實驗活動提供了實際應用情境，讓學生運用物理概念和培養科學探究技能，發展使用合適圖表和計算以分析數據的能力，並且認識到量度的局限，以及判別誤差是否在可接受的範圍內，以支持實驗結果。

第 2.3 節的建議學與教活動中臚列了多元化的實驗活動，當中部分實驗定為重點實驗活動，旨在建立學生在物理所需的科學探究技能。教師應運用專業判斷，將實驗示範或學生動手活動融入相關課題的學與教，並需符合校本評核（SBA）的要求，詳情請參閱第三章。此外，我們亦鼓勵教師安排計算物理學實驗活動，但注意其與使用現成的模擬程式的區別。詳情請參閱第 2.2.2 節。

2.2.2 計算物理學

計算物理學是利用計算方法對自然現象進行建模，以解決物理問題，它在課程中各課題均能夠體現。計算物理學結合了物理概念、數學建模及電腦編程的應用，涵蓋分析現實問題、建立與求解模型、將解讀結果回應現實情境，以及評估模型成效等過程。計算物理學能有效地推動數字教育，促進學生學習創新科技。圖 2.3 顯示了計算物理學的基本要素：

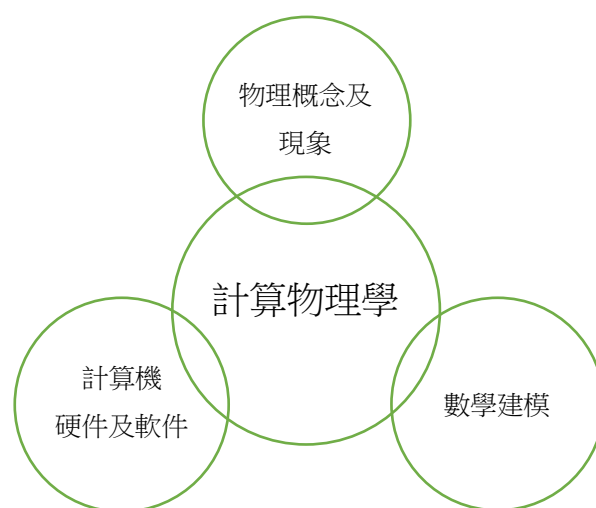


圖 2.3 計算物理學的基本要素

在計算物理學的學習活動中，學生可以從複雜系統中揭示背後的內在機制，從而欣賞計算技術在解決物理問題上的進步與價值。電腦可透過遞進非常細小間隔的參數來模擬現象，又或以相當高的頻率探測和記錄數據。學生可在學習過程中善用電腦的計算能力，從而深入探討應用和鞏固相關物理概念。

推行計算物理學有兩類建議的學習活動：**建構計算模型**和**計算機輔助數據分析**。

建構計算模型

這是利用電腦建立計算模型以重現物理系統或現象，讓學生從中體驗模擬現實世界場景的基理。有別於使用現有電腦模擬來說明物理概念，學生須經歷模型建構過程，透過進行適當的近似與簡化來解決物理問題。教師應因應學生的學習需要，安排合適的程式編寫平台進行學習活動，例如 Python、C++、試算表或圖像化程式語言。

學生應能

- 將物理轉化為電腦程式碼
- 建構演算法和應用條件邏輯
- 發展並利用計算模型，對物理現象進行模擬和預測
- 根據新證據或引入複雜因素，對模型進行修訂

在中四至中六階段，學生可探索如何建立數值方法，以建構那些難以用解析法求解的物理系統之計算模型。其中兩種常見的方法有「蒙地卡羅方法」與「有限差分法」。

「有限差分法」透過將微分方程離散化以估算近似數值答案，例如在拋體運動模擬位置隨時間變化的問題。學生可設定網格、應用邊界條件、迭代步驟並視覺化結果，從中理解網格或時間間距越細小，可得出越精確的模擬結果。「蒙地卡羅方法」則透過隨機抽樣模擬概率性現象，例如模擬放射性衰變的半衰期或粒子擴散，藉由大量隨機試驗並計算統計平均值，幫助學生理解會聚性、物理中的概率概念及統計不確定性。

這些方法延伸了計算物理的學習層面，透過預設引導模板的試算表，讓學生修訂參數、與理論結果比對，從而體會計算物理作為探究複雜系統的強大工具。教師可根據學生能力與教學情境，靈活調整計算模型建構的學習活動範例。



計算機輔助數據分析

這是利用電腦以不同方法收集和分析數據，包括生成或收集數據、分析前初步數據處理、由數據得出結論以及有邏輯及系統性地匯報數據。學生應學習使用電腦分析原始數據，包括擬合直線或曲線、解釋斜率或截距及評估誤差的影響。試算表是常用的軟件，例如在找出比熱容量的實驗，將能量傳遞和溫度的變化匯入以得出結果。

學生應能使用計算工具：

- 收集、匯入並整理原始實驗或模擬數據，轉換為合適的數碼格式（例如：將測量值輸入電子試算表、從數據記錄器匯入數據檔案，並以清晰標題、單位及有效數字結構化數據）。
- 為將要分析的數據作基本處理，例如單位轉換、計算衍生量(平均值、速率或比率)、辨識與處理異常值或離群值，以及應用合適的誤差估算技巧
- 使用電子試算表函數或內建工具，建立並擬合適當的圖形表達方式，包括繪製線性關係（如 $y = mx + c$ ）、加入趨勢線和顯示方程式，以模擬物理現象
- 解讀輸出線圖結果並提取重點參數（如曲線斜率與截距），闡明結果的物理意義，評估測量不確定性及隨機／系統誤差對結論的影響

學生可學習一些獲取數據組的電腦計算方法，例如利用電腦從天文觀測站提取開放資料或生成數據。目前已有多種軟件工具可以使用，包括運動錄像分析軟件（MVA）、軟體無線電(SDR)及不同的流動應用程式。教師可以由中四開始教導學生使用電腦進行數據分析，例如使用 MVA 研究線性運動、以流動應用程式探究強度的反平方定律等，讓學生掌握收集、分析和解釋表格和圖表中的數據的技能。

計算物理學的實施和遞進

教師需注意**建構計算模型**和**計算機輔助數據分析**的分類是為了提供參考框架以方便實施，真實情境下的計算物理學常出現兩者的結合，而並非清楚區分為兩類活動。在較早的學習階段，教師可以結合課程介紹經典物理學下的簡單計算物理學活動，例如簡單運動建模、分析熱物理學中的物理量和強度變化。在較後學習階段，教師可以引入更為複雜的計算物理學任務，例如模擬波的疊加、電場和磁場圖像、放射性衰變過程等。因應學校的校情，學生在計算物理學相關的技能上有所不同。教師應運用專業判斷，將計算物理學融入學與教，以配合學生的學習需要。

一般而言，在本課程中實施計算物理學的進程可分成三個維度。在**物理概念和現象**維度中，學生從處理具體的日常範例（例如簡單的線性或圓周運

動)發展到處理較為抽象和整合多個概念的複雜系統(例如波的疊加、電場和磁場模式或放射性衰變過程)。而**計算機硬件和軟件**維度方面,學生將要從使用現成模板或簡單工具的引導活動,逐步轉向較為自主的程式編寫,當中涉及學生對於所選用和操作硬件和/或軟件以將數學關係轉化成電腦程式的熟練程度。最後,在**數學建模**維度,學生的數學技能的要求從基本應用(例如線性加速運動方程式),發展到更高階而複雜的方程式表述,包括近似值、數值方法以及理論或實驗結果的驗證。教師應根據校情和學生的需要,調整計算物理活動的進度和深度,確保學生能投入和理解,並與課程的核心和擴展主題緊密結合。在第 2.3 章的建議學與教活動有更多例子。

人工智能在計算物理中的應用

「氛圍編程」(Vibe Coding)是一種使用者以自然語言表達意圖,再由人工智能將其轉化為可執行程式碼的編程方式。在計算物理學中,這種方法讓學生能以日常語言描述物理系統,再由人工智能自動轉化為功能完整的程式碼。這種方式消除了傳統編程中的技術門檻,例如除錯語法錯誤、管理函式庫匯入或修正格式細節,為學生從理論概念過渡至計算模型築建橋樑。此教學法讓學生由被動學習者轉變為虛擬研究者,在人工智能協助處理編程複雜性的同時,專注地深入探索物理世界。

在初步建模階段,教師可引導學生向人工智能輸入具體的物理限制條件。例如,學生可提示人工智能「使用小角度近似法建立一個單擺的可視化模擬」。當人工智能生成可運行的程式碼後,教師可引導學生專注於參數分析,透過辨識並調整程式碼中的關鍵變數(如單擺長度或重力加速度),觀察其變化如何影響振動週期,從而建立對物理關係的理解。在掌握單擺模型後,教師可進一步引導學生透過修改現有程式碼,引入更複雜、更貼近現實的變數,以延伸學習體驗。例如,教師可鼓勵學生研究單擺的阻尼係數,從而深化對真實物理系統的模擬與分析能力。

此教學方法結合「計算思維」及「科學探究」,強調學生在真實情境中運用科技及數字工具解決問題,並透過數據分析、建模與實驗,發展推理、創意與明辨思維能力。

2.2.3 科學的本質

科學的本質涉及我們對自然世界的知識的信念和態度、獲取科學知識的方法和過程，以及相關社會文化與歷史的影響。透過學習科學的本質，學生可以提升學習興趣，加深理解科學知識，以及幫助他們在日常生活面對與科學相關的議題時，作出明智的判斷。

本課程中在每課題中建議一些與物理相關的故事，方便教師透過歷史介紹科學的本質。教師也可以透過多元化的學與教活動，例如實驗活動、科學探究和閱讀文獻，讓學生體驗科學的本質。

學生應能夠：

- 知道物理學知識的不斷發展和了解科學是人類不斷努力的成果；
- 知道物理學的定律和理論是透過觀察、假說、實驗、分析和推論而產生；
- 了解科學活動的本質和局限性；
- 明白不同物理學家和科學家對了解和應用物理學的貢獻。

2.3 課程結構及組織

課程內容知識由經典物理學、生活中的物理和現代物理學三大部分組成。

經典物理學發展自古希臘以來對自然世界的基本理解，主要範疇包括牛頓力學、熱物理學、波動理論和電磁學等。儘管經典物理學在解釋微觀層面的現象或與光速相當的高速運動方面存在局限性，它仍然是理解日常物件和系統所必須，並已成為許多技術應用的基礎。

物理是我們日常生活中不可或缺的一部分，它影響眾多社會性科學議題，例如可持續發展、核安全等，並使學生能夠做出明智的決定。物理學基礎對於創新、解決問題和科技發展至關重要，多個領域的專業人士，例如工程師和建模專家等，將相關的知識和技能轉化為實際解決問題方案，成為科研與科技進步之間的橋樑。

現代物理學被視為自 19 世紀末以來的發現或研究，尤其是用於理解微觀和宏觀世界的量子理論和相對論。有別於經典物理學中的確定性，量子效應帶來不確定性，而相對論效應則能夠解釋測量高速運動時所出現的偏差。相關知識已廣泛應用於現今工程及科技。

本課程分配課時進行實驗活動、科學探究／工程設計活動及計算物理學任務，讓學生發展物理科所需的科學探究技能。

2.3.1 課程結構及時間分配

課程由四個主要部分組成：經典物理學、生活中的物理、現代物理學和物理學的科學探究。建議的課程結構和主要部分的時間(以小時計)分配如下表所示：

內容		核心	延展	總計
經典物理學	力學	39	15	54
	熱物理學	13	3	16
	波動學	33	5	38
	電和磁	32	4	36
生活中的物理	物理和工程	8	14	22
	物理和社會	20	3	23
現代物理學	量子物理學	14	14	28
	天體物理學及相對論	6	11	17
合共：		164	70	234
物理學的科學探究				16
總課時：				250

2.3.2 課程組織

課程由三個知識內容部分和物理學的科學探究組成。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嚴格規限。本章中主題的順序主要遵循物理學的歷史發展，力學是理解往後學習的基礎，包括熱物理學粒子運動、波的振動及電磁學的力場，而經典物理學亦為學生學習生活中的物理和現代物理學奠定基礎。教師宜按學生學習的需要，決定最合適的教學次序。

在每一課題的章節中，均包含以下部分：

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。

科學的本質

這部分建議了一些物理學家的研究成果、新發現或物理學如何連繫科技和社會的故事。教師可以參考這些故事，幫助學生在物理背景下理解和欣賞科學的本質。

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）。學習成果反映了學生應掌握的課程內容的認知程度，部分學習成果需要基本的認知能力（例如說出、認識），而部分學習成果則需要更高的認知能力（例如解釋、闡釋）。教師應按學習成果設計學與教活動，並以適當的評估任務監察學生的學習進度。

重點實驗活動

重點實驗活動是指定的實驗，旨在裝備學生所需的物理概念和科學探究技能，教師應在教授單元中的相關課題時結合這些活動。這些活動在實施模式上提供了彈性，例如量度儀器的選擇、安排示範或學生的動手實驗、探究的深度等。

建議學與教活動

這部分建議一些可以讓學生從中達到學習成果的活動。列表中包括不同類型的學習活動，如實驗活動、探究活動、專題研習和討論任務等。這些建議只供教師參考，並非鉅細無遺或指定方案。教師應以其專業判斷選取適切的活動，以照顧學生的興趣和能力。

建議計算物理學活動

這部分建議配合課題的計算物理學活動，讓學生建構計算模型。這些建議只供教師參考，並非鉅細無遺或指定方案。教師應以其專業判斷選取合適學生興趣和能力的活動，尤其考慮他們運用電腦的能力。

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

這部分建議一些與學生生活經驗相關的活動，讓他們把科學知識與科技、社會和環境相互連繫。藉此，學生可將物理定律、概念、理論和技能應用於探究和解決日常生活中的問題，並建立正確的態度和價值觀。教師應以其專業判斷，選取與學生生活經驗相關及富趣味的社會性科學議題。

核心和延展

課程的內容分為核心和延展部分，以照顧不同能力和需要的學生。核心部分涵蓋基礎概念，而延展部分則在認知上有較高要求。底線為延展部分。

2.3.3 課程內容

經典物理學

1. 力學

概述

力學是自古以來物理學的基礎領域。希臘哲學家亞里士多德提出越重的物體下落速度越快，在一千多年後受到義大利物理學家伽利略質疑，透過思想實驗和比薩斜塔實驗，證明不同質量物體的重力加速度是不變的，藉此鼓勵學生了解科學知識是如何透過實驗的證據和觀察來發展的。

牛頓發展一套定律以描述物體的運動及其所受的力，在後來稱之為牛頓力學。學生在學習過程中，掌握利用線圖和代數為靜力學、運動學和動力學建模。封閉系統內能量守恆是經典力學中另一個基本概念，學生從中探究機械功和能量轉移的概念，並推導出動能和重力勢能。對運動的研究亦伸延到拋體運動、圓周運動和簡諧運動，並從質量、重量和重力概念的引伸至對引力的探究。

學生將功率和能源效益概念應用在不同的機械和運輸工具，連繫力學與科技、社會和環境。學生亦學習計算在碰撞問題中的動量和能量，探討物體動量的改變跟碰撞時間及撞擊力的關係。此外，學生可探索日常生活中的各種振動和共振現象。

科學的本質

- 約翰尼斯·開普勒從觀察天體運動，找出週期與半長軸之間的關係。而艾薩克·牛頓根據開普勒的觀測，推導出萬有引力定律。教師可從中指出科學知識是基於觀察，同時在推論定律或理論時也扮演十分重要的角色。

學生應學習

學生應能

a. 標量和矢量

- 以距離和位移描述物體位置的改變
- 區別標量和矢量
- 用標量和矢量表示不同的物理量

b. 運動學

- 運動線圖
- 勻速運動
- 勻加速運動
- 重力下的垂直運動
- 空氣阻力

- 定義速度為位移的變化率 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
- 定義加速度為速度的變化率 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- 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
- 以位移-時間($s-t$)、速度-時間($v-t$) 及加速度-時間($a-t$) 關係線圖上表達運動物體的資料
- 從運動線圖測定位移、速度及加速度
- 應用勻加速運動方程解決有關問題

$$v = u + at$$

$$s = \frac{1}{2}(u + v)t$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

- 以代數和線圖的方法闡釋物體的勻速運動和勻加速運動
- 指出重力加速度在接近地球表面大致不變
- 從實驗估算重力加速度
- 應用勻加速運動方程和線圖解決有關自由落體的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

c. 力和運動

- 力的合成及分解
- 牛頓運動定律
- 力矩

- 用孤立物體圖顯示作用於物體上的各個力
- 以圖解法和代數法求出共面力的矢量
- 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
- 描述慣性的意義，以及它跟質量的關係
- 利用牛頓運動第一定律，描述物體處於靜止或

	勻速運動的狀況 • 利用牛頓運動第二定律 ($F=ma$)，描述淨力令物體加速的狀況 • 說出牛頓運動第三定律，並鑑定作用力與反作用力對 • 應用牛頓運動定律解決有關一維運動的問題 • 定義力矩為力跟它與支點的垂直距離的乘積 • 描述轉矩對剛體的作用 • 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
d. 作功、能量和功率	• 機械功 • 重力勢能(P.E.) • 動能(K.E.) • 閉合系統中的能量守恆定律 • 功率及效益
	• 闡釋機械功為能量轉移的一種 • 定義機械功為 $W=Fscos\theta$ • 推導公式 $K.E. = \frac{1}{2}mv^2$ 及 $P.E. = mgh$ • 定義功率為能量的轉移率 $P = \frac{W}{t}$ • 說出能量守恆定律 • 定義能源效益為輸出的效用能量／功率與輸入的能量／功率之比，並解決相關問題 • 解決有關能量守恆定律及功率的問題，並考慮能量損耗的情況
e. 動量	
	• 線動量 • 動量的改變和淨力 • 動量守恆定律
	• 認識動量為一個有關物體運動的量，並定義動量為 $p = mv$ • 描述物體的動量改變(衝量)，是因物體在一時段內受淨力作用而引起 • 以牛頓運動第二定律連繫淨力為動量的變化率 • 描述動量守恆定律，並連繫牛頓運動第三定律 • 區別彈性和非彈性碰撞 • 解決有關一維動量的問題

學生應學習

學生應能

f. 拋體運動

- 描述以水平或某一角度投擲的拋體運動路徑的形狀
- 描述水平運動和垂直運動的各自獨立性
- 解決有關拋體運動的問題

g. 週期運動

- 勻速圓周運動的運動學
- 向心力
- 簡諧運動的運動學
- 受迫振盪、阻尼和共振

- 定義角位移 θ ，並以弧度為單位
- 定義角速度 ω 為角位移的變化率 $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$
- 以 $v = r\omega$ 連繫線速度 v 與角速度
- 以 $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ 連繫週期、頻率和角速度
- 說出向心加速度 $a = \frac{v^2}{r}$ 指向圓心，並解決相關問題
- 認識向心力是勻速圓周運動的合力，並解決相關問題
- 定義簡諧運動為加速度 a 和位移 x 符合 $a \propto -x$ 關係的運動
- 描述簡諧運動的位移、速度、加速度、週期和頻率
- 用簡諧運動的位移-時間關係圖表達資料
- 辨識簡諧運動和受迫振盪，及認識日常生活中的阻尼和共振現象
- 利用三角函數表示簡諧運動的位移，連繫振幅、角頻率和時間，並解決相關問題

h. 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
$$g = \frac{F}{m}$$
- 測定行星外圍某一點的引力場強度
- 解決有關引力、引力場及物體在圓形軌道上的問題

重點實驗活動

- 測定物體運動的速度和加速度
- 找出物體的重力加速度
- 檢測力的矢量性質
- 測定勻速圓週運動的角速度（例如旋轉的橡膠塞/旋轉盤）

建議學與教活動

- 研究影響摩擦力的因素，例如質量、施力的大小和接觸面的面積
- 用實驗驗證牛頓運動第二定律（ $F = ma$ ）
- 檢測玩具過山車/單擺的機械能守恆
- 量度能量轉換率，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）
- 探究在設計能量轉換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）
- 測量碰撞過程中動量的變化及物體所受的力
- 進行猴子和獵人實驗以證明拋射運動中水平和垂直運動的獨立性
- 展示簡諧振動為勻速圓週運動的投影
- 利用單擺法求重力加速度（ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ）
- 研究影響簡諧振動週期的因素
- 示範受迫振盪與共振現象（例如巴頓擺、以訊號產生器連接質量—彈簧系統產生振動）
- 討論阻尼在日常生活中的應用
- 研究塔科馬海峽大橋的倒塌，該大橋由於缺乏足夠的阻尼係數來抵消受迫振盪
- 找出一些利用共振原理的自然現象
- 用量綱分析來檢查力學問題的運算結果
- 藉提出啟發思考的問題，糾正學生一些自以為是的觀念（例如學生會以為運動中的物體在最高點的加速度為「零」，以及在太空穿梭機上的引力為「零」）
- 比較牛頓運動定律與守恆定律對運動問題的解答，加強學生認識守恆定律的用處和優雅性

建議計算物理學活動

- 使用錄像運動分析軟件或應用程式，分析不同運動
- 使用電腦程式設計和模擬一些運動（例如不同行星上的自由落體、帶有或沒有空氣阻力的拋體運動、帶有或沒有阻尼的簡諧運動）

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 討論能源效率、環境與可持續發展之間的關係
- 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）
- 比較使用私家車與大規模交通的人均碳排放/能源消耗
- 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
- 評估車輛的安全設計（例如安全帶、安全氣囊、撞擊測試）
- 應用力學原理進行交通意外的調查
- 搜尋並討論國家運輸技術進步（例如高鐵、低碳能源交通工程）
- 討論新科技器件，包括地球和太空飛行器（例如神舟載人飛船）
- 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）
- 改良用於消閒活動和運動的器材
- 認識應用運動學和動力學知識的職業

2. 熱物理學

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。學生需學習熱傳遞中的能量守恆。物態變化所需要的能量，通常遠高於改變物質在相同物態下的溫度，從比較它們的分別，學生可建立數量級的觀念。

本課題注重利用微觀角度闡釋不同現象，從而解釋溫度、內能和能量轉移之間的分別和相互關係。在分子運動論的學習中，鼓勵學生明白氣體分子運動的隨機本質，以及理解分子速率及動能的分佈和平均值，為統計物理學的入門知識。

科學的本質

- 詹姆斯·克拉克·馬克士威對氣體分子動力論作出了奠基性貢獻；他提出分子呈直線運動直至發生碰撞，這一假設自然推導出了分子的速率分佈規律。路德維希·玻爾茲曼擴展了麥克斯韋的工作，概括了分子間的能量分佈，並從微觀統計角度解釋了熱力學定律。兩位科學家揭示了氣體分子的微觀運動，為量子力學和統計物理學的未來發展鋪平了道路。從這些熱物理學的模型，教師應強調如何利用微觀分子理論，以闡釋宏觀現象。

學生應學習

學生應能

a. 熱傳遞

- 熱和內能
- 熱容量和比熱容量

- 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
- 定義熱是兩物體因溫差而引致的能量轉移
- 利用熱力學第零定律，描述兩物體處於熱平衡狀態
- 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
- 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

b. 物態的改變

- 潛熱和比潛熱
- 蒸發

- 認識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
- 認識物質於熔點和沸點時的物態變化
- 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 $\ell_f = \frac{Q}{m}$ 及汽化比潛熱 $\ell_v = \frac{Q}{m}$ ，並解決相關問題
- 利用分子的運動，解釋沸點以下的蒸發現象、冷卻效應和影響蒸發率的因素

c. 氣體

- 普適氣體定律
- 分子運動論

- 說出氣體的波義耳定律(p - V 關係)、壓強定律(p - T 關係)和查理定律(V - T 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
- 認識氣體分子的無規運動
- 認識氣體壓強是源於分子對容器壁的碰撞
- 以 $K.E._{\text{平均}} = \frac{3RT}{2N_A}$ 連繫分子平均動能(微觀量)和溫度(宏觀量)
- 從麥克斯韋-玻爾茲曼分佈闡釋溫度的變化
- 解決有關分子運動論的問題

重點實驗活動

- 測定某物質的比熱容量（例如水、金屬塊）
- 測定水的熔解比潛熱和汽化比潛熱
- 檢測氣體的波義耳定律

建議學與教活動

- 校準溫度計並複製攝氏溫標的固定點
- 利用混合方法測定某物質的比熱容量
- 進行實驗研究物質的冷卻曲線，並測定其熔點
- 測定影響蒸發率的因素
- 進行實驗檢測壓強-溫度或體積-溫度關係並測定絕對零度
- 透過顯微鏡和攝錄機，觀察煙霧室中分子的無規運動
- 利用實體分子模型模擬氣體運動，並解釋氣體定律

建議計算物理學活動

- 模擬分子的無規運動
- 模擬容器內的氣體分子運動以演示麥克斯韋-玻爾茲曼分佈

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 研究水的高比熱容對地球生物的重要性
- 研究洋流對全球氣溫變化的抑製作用
- 在不同的天氣現象中應用熱容和潛熱的概念
- 閱讀可持續發展目標和國際氣候變遷條約，以了解科學、社會和環境之間的聯繫

3. 波動學

概述

本課題旨在討論波的本質和特性。學生可從力學中質點的運動連繫至波動的一連串振動。學生已熟悉能量從一個地方傳到另一個地方時，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。學生需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，從觀察水波研究反射、折射、繞射和干涉等現象。

本課題將對光和聲音作較深入的探討。學生需認識可見光是電磁波譜的組成部分。聲音是縱波的例子，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，以及樂器中的共振現象。

科學的本質

- 17 世紀，艾薩克·牛頓為光學奠定了基礎，將光視為粒子狀射線，他的理論可以解釋光線如何被反射、折射和散射。然而，托瑪斯·楊（Thomas Young）在 1801 年進行的雙縫實驗顯示了光的干涉圖案，這種波動特性是粒子狀射線理論無法解釋。教師應強調科學理論或定律，當出現新證據時需要修訂。

學生應學習	學生應能
a. 波的本質	• 認識波動中的振盪
• 波動和波的傳播	• 認識行波是能量而不帶物質的傳播方式
• 行波和駐波	• 連繫波的能量和振幅
	• 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
	• 描述行波的疊加及駐波的形成（只限橫波）
	• 用位移-時間和位移-距離關係線圖詮釋行波和駐波的資料（只限橫波）
	• 應用 $v=f\lambda$ 解決問題

學生應學習

學生應能

b. 波的特性

- 反射
- 折射
- 繞射
- 干涉

- 描述波於平障礙物/反射物/表面上的反射
- 檢測反射中相位變化的條件
- 描述波在介質交界發生折射
- 認識折射時波速的改變，並用波速定義折射率
- 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
- 描述由疊加所產生的干涉現象
- 區別相長和相消干涉
- 檢測由兩個相干源波動所產生的干涉現象
- 利用程差測定相長和相消干涉的條件
- 畫出波陣面圖以展示波的特性

c. 光波

- 反射與折射
- 偏振、繞射及干涉
- 強度

- 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及電磁波譜的其他部分
- 檢測光的偏振現象作為光是橫波的證據
- 認識反射和折射是光波的特性
- 認識光的全內反射及它的生活應用
- 認識以繞射和干涉現象作為光是波動的證據
- 檢測楊氏雙縫實驗的干涉圖形
- 檢測光穿過平面透射光柵的繞射圖形
- 定義經典波動學中強度為每單位面積的功率
- 認識在楊氏雙縫實驗中條紋圖形的強度分佈
- 討論波的特性在日常光與電磁波的應用
- 應用 $d \sin \theta = n \lambda$ 解決光源穿過平面透射光柵的相關問題
- 應用 $\Delta y = \frac{\lambda D}{a}$ 解決楊氏雙縫實驗的相關問題

d. 聲波

- 聲音的波動特性
- 聽頻
- 樂音

- 認識聲音為縱波的一個例子及擁有波的特性
- 認識聲波有反射、折射、繞射和干涉現象
- 比較聲波和光波的一般特性
- 檢測超聲波存在於聽頻範圍外
- 討論超聲波在測距、清潔及成像的應用

學生應學習

學生應能

- 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
- 認識共振在樂器產生聲音中的作用

重點實驗活動

- 展示不同頻率下的駐波（例如弦、昆特管），並估算波速
- 使用平面透射光柵測定單色光源的波長
- 檢測光強度的平方反比定律
- 接收來自人工和天然物件的無線電/微波訊號，並進行簡單分析

建議學與教活動

- 用長彈簧演示橫波和縱波
- 用長彈簧演示反射時其相位的變化
- 進行水波槽實驗並觀察波的性質
- 研究影響水波、微波或聲波中波的特性的因素
- 在長彈簧上演示兩脈衝的疊加
- 用示波器演示橫波的疊加
- 檢測由兩個相干源波動所產生的相長和相消干涉的條件
- 用偏振器檢測光的偏振
- 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
- 檢測雙縫實驗的干涉圖形，並估算所使用單色光的波長
- 進行實驗測定聽頻範圍，並檢測超聲波的存在
- 利用流動應用程式量度聲波的響度和音調，以及檢測其干涉圖形
- 示範聲波的共振（例如共振箱、水木琴）
- 觀察顯示人體器官的超聲波圖像並收集相關信息
- 用超聲波發射儀和接收儀演示脈衝-回波原理
- 使用聲波感測器，設計並製作距離探測裝置

建議計算物理學活動

- 模擬橫波的疊加
- 模擬駐波的形成

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 研究電磁波的發現對各領域技術進步的影響，包括通訊和智慧生活
- 參加無線電測向活動，以欣賞無線電在運動上的應用，並推廣健康的生活方式
- 研究與物理原理相關的醫療用途，如內視鏡、換能器、X光掃描和CT掃描
- 探索電磁波在家中的應用，例如Wifi發射器、遙控器感應器和智慧攝像機
- 討論在通訊科技的急速發展下，資訊流通的便利與私穩保護之間的兩難

4. 電和磁

概述

本課題探討電學和磁學的基本原理。從電荷、電流、電壓、電阻、電能和電功率之間的關係，並引入基爾霍夫定律的守恆概念，學習電路的基礎知識。從電場與靜電力的聯繫，介紹電場的抽象概念。

電磁學需要應用磁場的概念。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。

科學的本質

- 查爾斯-奧古斯丁·德庫侖利用扭力天平進行實驗，這項靈敏的裝置可以測量帶電荷物體之間的吸引力和排斥力。他於 1785 年制定了庫侖定律，描述了兩個點電荷之間的靜電力遵循平方反比定律。而他所引入的平方反比定律，與相距大約 100 年前（1687 年）的牛頓萬有引力定律具有極其相似的數學結構。教師可強調建構新知識，理解以往科學家所發展的定律或理論是相當重要。

學生應學習

學生應能

a. 電流、電勢和電阻

- 定義電流為電荷的淨流動率
- 區別協定的電流方向和電子流動方向
- 定義電路中兩點間的電勢差(p.d.) / 電壓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
- 定義電阻 $R = \frac{V}{I}$ 和電阻率為 $\rho = \frac{RA}{l}$
- 識別歐姆電阻和非歐姆電阻上電流隨所施電勢差的改變

學生應學習

學生應能

-
- b. 簡單電路和電功率
- 基爾霍夫定律
 - 串聯和並聯電路的等效電阻
 - 內電阻
 - 電功率
- 說出基爾霍夫電流定律 ($\sum I=0$)及電壓定律 ($\sum V=0$)
 - 比較串聯和並聯電路中，每個元件兩端之電勢差及通過其間之電流
 - 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
 - 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，並連繫電源的內電阻與兩者的差別
 - 說出簡單電路中的耗用功率 P
 - 推導 $P = VI$ 、 $P = I^2R$ 及 $P = \frac{V^2}{R}$
 - 解決有關簡單電路的問題
- c. 靜電學
- 電荷
 - 庫倫定律
 - 電場
 - 電場強度
- 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
 - 以電子的轉移概念闡釋起電和放電過程
 - 說出庫倫定律 $F = \frac{Q_1Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
 - 解決有關點電荷間的力的問題
 - 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
 - 說出點電荷的電場強度 $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 和帶電平行板之間電場強度 $E = \frac{V}{d}$ ，並解決有關問題
-

學生應學習

學生應能

d. 電磁學

- 磁力和磁場
- 電流的磁效應
- 在磁場中的載流導體

- 檢測永久磁鐵附近的磁場圖形
- 描述指南針在磁場中的行為
- 以場力線表達磁場
- 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 $B = \frac{\mu_0 NI}{l}$ 分別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
- 解決有關處於磁場中的載流導體問題
- 以 $F = BQv\sin\theta$ 表達電荷在磁場中所受的力和解決問題

重點實驗活動

- 比較歐姆和非歐姆導體的 $V-I$ 線圖
- 測定電源的內電阻
- 使用霍耳探測器／探測線圈測量長直導線周圍和/或長螺線管載電流內部的磁場強度

建議學與教活動

- 透過研究影響導線電阻的因素來檢查導線的電阻率
- 辨識麵包板中的並聯或串聯電路
- 使用麵包板和電子元件，設計和建構一個簡單的電路來展示簡單的功能
- 檢測不同種類電荷的吸力和斥力
- 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
- 示範金屬球在勻電場之間的彈跳（與超高電壓電源連接的平行金屬板須小心處理）
- 使用簡單的電流天平來量度磁場強度

- 使用虛擬實境設備將電場和磁場視覺化
- 演示在電磁器件中運動、力和磁場的方向關係
- 透過改變長度和電流，檢測關係 $F=BIl\sin\theta$
- 利用陰極射線管示範電子束在電場和磁場下的偏轉
- 閱讀麥克斯韋發展電磁學的故事
- 研究定義安培的變化，從而了解科學演化的本質

建議計算物理學活動

- 模擬電場和磁場圖形

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 比較不同牌子和類型的電池所標示的電壓和貯能，並討論它們相對應的用途
- 研究極光的形成，透過描述帶電粒子如何被磁場線引導沿著螺旋路徑，欣賞從大氣層到外太空的天文物理學的自然現象

生活中的物理

5. 物理和工程

概述

工程學是個跨學科領域，以應用科學原理解決複雜問題，並開發創新技術。本部分旨在透過發電、輸電和航空、航天工程，介紹當中的系統、設備和流程的設計和優化，從而了解物理和工程的密切關係。教師應強調工程師如何利用他們專業知識來應對真實情況下的挑戰，當中著重物理概念的應用、成本效益和效率。學生可以欣賞科技的進步和創新的工程解決方案，並確保過程符合安全標準和法規。

學生探討電動機和發電機的結構時，了解如何應用電磁學及電磁感應的相關原理。他們需學習交流發電的運作原理，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。除了學習家居電學的應用及安全，學生亦會學習感應器如何應用在智慧生活。

我國近年在航天及航空科技的發展取得驕人的成就。在課題中學生探討流體動力學、引力勢能和軌道運動，透過應用這些物理概念於實際工程應用，並結合國家飛行和太空探索成就，從而提升他們對先進技術的欣賞及民族自豪感。

科學的本質

- 提倡直流電的托馬斯·阿爾巴·愛迪生（Thomas Alba Edison）與提倡交流電的尼古拉·特斯拉（Nikola Tesla），他們為爭奪用電市場份額，展開了「電流戰爭」。教師可藉此分享，科學家雖然遵循共通的科學方法與價值觀，但在面對商業利益與個人聲譽時，仍可能做出帶有偏見或缺乏客觀科學證據的決定，從而反映出科學發展中人性化的一面。。

學生應學習	學生應能
a. 發電和輸電	• 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
• 電磁感應	• 應用楞次定律測定感生電動勢/感生電流的方向
• <u>法拉第定律</u>	
• 直流電和交流電	

學生應學習

學生應能

-
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 變壓器和輸電 | <ul style="list-style-type: none">• <u>定義磁通量 $\Phi = BA \cos \theta$</u>• 說出法拉第定律 $\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$，並應用其計算平均 <hr/> <p style="margin-left: 20px;"><u>感生電動勢</u></p> <ul style="list-style-type: none">• 描述簡單直流電動機、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• 區別交流電系統的操作電壓／電流與其峰值• 描述簡單變壓器的運作原理• 應用方程 $\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$ 連繫電壓比和匝數比，以解決相關的問題• 檢測提高變壓器效率的方法• 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 |
| <p>b. 家居電學和智慧生活</p> <ul style="list-style-type: none">• 額定功率• 家居安全用電• 發光二極管 (LED)• 感應器 | <ul style="list-style-type: none">• 測定電器的額定功率• 測定電器的操作功率及電流和討論保險絲的選擇• 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• 從成本效益及安全用電，討論電器傳輸電線粗幼的選擇• 以原子內涉及的能量改變闡釋 LED 的光的放射，並討論它的效率和耐用性• 認識常見感應器的運作原理為將所感應或量度的物理量轉化成電訊號• 討論感應器裝置應用於日常智慧生活環境 |
| <p>c. 航空及航天科學和工程</p> <ul style="list-style-type: none">• 流體中的飛機• <u>伯努利方程</u>• <u>發射上太空</u> | <ul style="list-style-type: none">• 從質量守恆導出連續方程式 $vA = \text{常數}$，並解決不可壓縮流體的相關問題• 認識伯努利原理和康達效應在為飛機產生升力的作用 |

學生應學習

學生應能

- 航空及航天科技
 - 應用伯努利方程 $P + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{常數}$ ，解決與飛機相關的問題，包括皮托管
 - 應用牛頓萬有引力定律解釋天體的圓形軌道運動
 - 區別在軌道上和太空航行的太空船內表現的無重狀態
 - 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
 - 知道衛星的多元用途
 - 欣賞國家在航空及航天科技的發展上所作出的貢獻

重點實驗活動

- 利用感應器，設計和製成電路以展示一項簡單的功能

建議學與教活動

- 探究影響磁場內移動的線圈所感應電流/電動勢大小的因素
- 檢測變壓器的電壓比和匝數比
- 研究法拉第定律 $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ，以訊號產生器接駁螺線管，包圍螺線管的線圈產生感應電動勢，並使用示波器量度
- 收集和分析訊息，以確定高壓電纜如何與電力塔絕緣、如何防止雷擊以及如何清除污垢
- 示範使用再生煞車系統將機械能轉換為電能
- 示範渦流的加熱和阻尼效應
- 比較微波爐、電熱器、磁力加熱器等烹飪電器的效率
- 比較透過電纜傳輸的直流電和透過升高和降低電壓的電網系統所傳輸的交流電的功率
- 建立一個電路，透過太陽能或風力渦輪機發電
- 利用水流過皮托管或狹窄截面的水平管來示範伯努利效應

- 示範運動流體下曲面的康達效應（例如風吹到圓形杯子、水流下的湯匙）
- 研究氣流作用下，飛機翼的形狀如何影響升力
- 研究氣流作用下，機翼上升力的攻角
- 使用 3D 打印設計並製作飛機模型
- 搜集有關國家自主研製的 C919 飛機的資料
- 比較直升機、無人機、熱氣球和飛機的飛行原理，並結合其功能分析其特點
- 對自己的家庭或學校進行能源審計—例如，透過閱讀電費單來測量家庭一個月的用電量，並估計其中用於照明、空調、熱水和烹飪的比例
- 收集和分析自己家庭或學校感測器的使用情況，探究透過電腦和雲端系統傳輸和處理數據以實現智慧生活
- 製作與國家航天科技相關模型，例如長征火箭、神舟太空船及北斗衛星
- 閱讀國家太空探索計畫（如天宮實驗、探月及火星探測任務）
- 閱讀香港首位進入天宮的航天員的故事，例如發射前的密集訓練、載荷專家的角色等
- 參觀與航天及航空科技相關的博物館/地點（例如香港太空館、政府飛行服務隊、廣東空天科技研究院）

建議計算物理學活動

- 模擬天體的軌道運動

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 比較 LED 與其他種類光源的功能、成本和能源效率，例如白熾燈（例如白熾燈泡、鹵素燈）和氣體放電燈（例如線性或緊湊型螢光燈、高壓汞或鈉燈、感應燈）
- 探究香港的能源效益標籤計畫（EELS）及能源標籤所載資料
- 收集並比較與空調、燈具和汽車最終能源效率相關的信息
- 研究國家航天及航空科技的新近發展及其對社會的影響（例如低空經濟、太空經濟）
- 討論國家之間的太空競爭與合作

6. 物理和社會

概述

物理學植根於我們的日常生活中，從起床到日常溝通也離不開物理。放射現象和可持續發展雖然並不直觀，但卻是影響我們日常生活的重要概念。放射性同位素廣泛應用於醫療和核能，應用時須保持高規格的安全措施以減少潛在風險，否則會引致災難和恐慌。核能和可再生能源對應對氣候變遷，以實現可持續發展和碳中和為目標至關重要，它們既清潔，且隨著技術水平的進步而降低成本，變得越來越有競爭力成為化石燃料的替代能源。

與物理相關的專業人仕，一直推進著科技進步以改善我們的生活。本課題鼓勵學生探討科研人員和工程師如何貢獻物理知識的發展和科技的突破。有很多類型的專業人仕應用物理學的建模技能，模擬不同情境以解決金融分析、社交互動、複雜系統等問題。

科學的本質

- 第二次世界大戰期間，科學家與工程師在曼哈頓計畫中緊密合作，最終成功製造了原子彈以結束了二戰。教師可以強調科學與科技在二戰時核武發展中的相互影響，以及其後使用核能作為一種清潔和低碳排放的能源發電。

學生應學習	學生應能
a. 輻射和放射現象 • X-射線 • α、β和γ 輻射 • 放射衰變 • 輻射探測 • 輻射安全 • 放射性同位素	• 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-射線在醫療及保安的用途 • 描述 α、β和 γ 輻射的來源和本質 • 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

-
- 認識不穩定核素中發生的放射衰變及其無規本質
 - 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
 - 知道以感光底片和蓋革-彌勒計數器探測輻射
 - 闡釋以蓋革-彌勒計數器探測輻射的計數率
 - 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，及建議處理放射源的安全措施以減少吸收輻射劑量
 - 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
 - 定義同位素
 - 認識某些元素存在著放射性同位素
 - 討論放射性同位素在放射治療、厚度檢測、示踪物及醫學影像學的應用
 - 解決有關輻射和輻射衰變的問題
- b. 能源和可持續發展
- 可再生和低碳能源
 - 能耗對環境的衝擊
 - 碳中和
- 認識發展可再生和低碳能源對達成相關可持續發展目標的需要和考慮點
 - 認識核裂變及核聚變時能量的釋放
 - 說出質能關係 $\Delta E = \Delta m c^2$
 - 用電子伏特(eV)和原子質量單位為能量單位
 - 應用 $\Delta E = \Delta m c^2$ 測定核反應中釋放的能量
 - 認識原子核的連鎖反應
 - 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
 - 認識核聚變為太陽能的來源
 - 描述光伏效應為半導體在光照下產生電壓和電流的過程

-
- 定義太陽常數為在日地平均距離，量度地球大氣的吸收後，太陽輻射正照時每單位時間每單位面積的總電磁輻射能
 - 解決有關太陽常數的問題
 - 推導風力發電的最高功率為 $P = \frac{1}{2} \eta \rho A v^3$ ，其中 η 為效率並解決有關問題
 - 討論能源的提取、轉移、分配及使用時所產生的溫室氣體，對環境和社會的衝擊
 - 討論個人的生活習慣如何有助於實現碳中和，從而減緩氣候變化
 - 分析香港不同能源的消耗量及其特定的用途
 - 欣賞國家在可再生和低碳能源的發展所作出的貢獻
- c. 物理學所開創的今天和未來
- 物理相關職業
 - 物理學與創新科技
- 知道物理學家和工程師在發展可持續的社會是不可或缺的角色
 - 體會不同專業人士和專家能應用物理建模和模擬解決真實問題
 - 欣賞歷史上各項物理學的發現對現代科技的影響，並認識新興的創新科技如何塑造日常生活

重點實驗活動

- 進行擲骰子／計算物理學實驗，模擬同位素的放射衰變

建議學與教活動

- 用蓋革-彌勒計數器量度本底輻射
- 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，並探究為甚麼機艙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
- 搜集香港處理放射性廢料的過程
- 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
- 討論使用 X-射線、超聲波和放射性核素對病人的用途和風險
- 搜集資料和討論有關發展和使用核武的道德問題
- 應用 $P = \frac{1}{2} \eta \rho A v^3$ 檢測風力發電機的效率
- 檢測太陽能電池的光伏效應
- 研究以複雜系統模擬社會或自然情境，例如人流管制和山火
- 組織或參加太陽灶、風力發電、太陽能車或氢能車等比賽
- 研究電磁波的特定波長與溫室氣體的相互作用所產生的共振效應
- 研究利用核裂變和核聚變發電的最新科研發展
- 參觀低碳能源中心
- 參觀本地發電廠及我國核電廠（如大亞灣）
- 參加由機電工程署、綠色電力、中華電力有限公司、香港電燈有限公司、煤氣公司、港鐵公司或環境保護署的講者主持的講座，介紹能源發電、輸電和用電的最新社會資訊和替代能源

建議計算物理學活動

- 模擬核衰變過程

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 搜集及分析碳排放和溫度改變的數據
- 分析歷史上嚴重核災的原因，並探討新一代核電廠強化的安全標準及小型模組化反應爐的限制與優勢
- 進行辯論，比較使用核反應堆發電和其他方法發電的成本效益、可持續發展、潛在風險等
- 探討科技的進步如何提高核能發電的安全性，以及其可用燃料的儲量
- 研究能源的提取、轉換、分配和使用對環境和社會的影響，及其對不同情況的適用性
- 循經濟和環保方向，討論節省電能的方法
- 討論香港可行的替代發電模式，以更有效和可持續用電
- 討論香港實現可持續發展目標的可行方案

現代物理學

7. 量子物理學

概述

量子物理學是指對非常微小尺度物理現象的研究，例如原子和次原子微粒。這些解釋微觀世界的原理和理論，構成了尖端技術的基礎，例如電子顯微鏡、半導體晶片和量子電腦。

與經典物理學在本質上的確定性和因果性截然不同，量子物理學採用概率方式，不能精確地預測粒子的物理參數。海森堡不確定性原理中指出，同時測量粒子的確切位置和動量是不可能的。能量在經典物理學所觀察到是連續的，這意味著它可以在宏觀層面上的範圍內取任何值，然而量子物理學則引入了量子化的概念，它們的能量只能存在於分立能級。此外，光電效應、波粒二象性和量子疊加等所展現的量子特質，也不能單從經典理論解釋。

科學的本質

- 十九世紀末的物理學家探索微小物質的特性，現在稱為量子。他們發現經典理論無法解釋一些觀察結果，例如光譜線和光電效應。從經典物理過渡至量子物理的發展，教師應強調當發現新的科學證據時，科學定律或理論需要進行修訂。

學生應學習	學生應能
a. 原子模型	- 知道約瑟夫·約翰·湯姆生發現電子 - 從散射實驗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線狀光譜的局限性
b. 光電效應	描述光電效應實驗及其結果
- 光量子的證據 - 愛因斯坦對光電效應的解釋和光電方	- 說出以光的波動模型解釋光電效應的限制 - 說出光子為光的量子，並用 $E = hf$ 連繫其能量和頻率

學生應學習

學生應能

- | | |
|---|--|
| 程 | <ul style="list-style-type: none">• 描述已知頻率入射光的強度與光子數目的關係• 認識光電效應是光具粒子本質的證據• 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• 應用 $E = hf$ 及愛因斯坦光電方程解決有關問題 |
| c. 玻爾的氫原子模型 <ul style="list-style-type: none">• 能級• 電子在能級間躍遷• <u>玻爾的氫原子電子能量方程</u> | <ul style="list-style-type: none">• 描述氫原子和其他單原子氣體的線狀光譜特徵• 認識線狀光譜是解釋原子能級量子化的證據• 認識氫原子的能量是量子化，並只能取某些定值• 用電子在氫原子能級間躍遷解釋線狀光譜• 從玻爾氫原子模型中量子化的能級，區別「量子」和「經典」的觀點• 認識特定材料的電子在能級之間的躍遷以發射或吸收光子的日常應用(X 射線的產生和量子點在 RGB 顯示屏的應用)• 用 $E_{tot} = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2}$ 表示氫原子中電子的能量方程• <u>區別電離能量和激發能量</u>• <u>推導 $\frac{1}{\lambda_{a \rightarrow b}} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{hc} \left(\frac{1}{b^2} - \frac{1}{a^2} \right)$，以表示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為 $\lambda_{a \rightarrow b}$</u>• <u>運用玻爾電子能量方程闡釋線狀光譜</u>• 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. 波粒二象性 <ul style="list-style-type: none">• 德布羅意公式• <u>瑞利判據</u> | <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• 應用德布羅意公式 $\lambda = \frac{h}{p}$ 解決有關電子的波和粒子性質的有關問題• <u>描述光學顯微鏡在觀察微細物質時的局限</u>• <u>用德布羅意波長和瑞利判據的最少分析能力</u> |

	$\theta \approx \frac{1.22\lambda}{d}$ ，解釋電子顯微鏡在高解像度上的優點
e. 概率本質與海森堡不確定性原理	• <u>認識量子的概率本質</u> • <u>認識以作圖方式描述量子的正規化波函數 $\psi(x)$，並知道在 x 的概率密度是 $\psi(x) ^2$</u> • <u>量子疊加</u> • <u>對量子進行量度</u> • <u>海森堡不確定性原理</u>
	• <u>用 $\psi\rangle = a_1 \phi_1\rangle + a_2 \phi_2\rangle$ 描述量子 ψ 的疊加態，其中 $a_1 ^2$ 和 $a_2 ^2$ 分別為量度得出相應量子態 $\phi_1\rangle$ 和 $\phi_2\rangle$ 的概率</u> (只限已正規化的量子態，即 $a_1 ^2 + a_2 ^2 = 1$) • <u>描述量度對於量子的影響</u> • <u>解決量子有關疊加及量度的問題</u> • <u>認識量子穿隧效應，並討論它在掃描隧穿顯微鏡 (STM) 的應用</u> • <u>說出海森堡不確定性原理</u> • <u>應用 $(\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi})$ 解決有關問題</u> • <u>討論量子科技的新近發展 (量子計算、量子加密和量子通訊)</u>

重點實驗活動

- 利用 LED 進行實驗以估算普朗克常數

建議學與教活動

- 以小球穿過黑盒子，來類比活動盧瑟福建構的原子模型
- 使用不同強度和頻率的單色光源，檢測對金箔所造成的光電效應
- 利用光電池進行光電效應實驗，量度單色光的遏止電勢
- 使用電子槍並配以晶格進行電子繞射實驗，研究其繞射圖案
- 利用電子槍和亥姆霍茲線圈進行電子偏轉實驗，以估算電子的電荷和質量比
- 搜尋並研究電子顯微鏡所形成的影像
- 使用平面透射光柵，觀察特定元素的發射光譜和/或吸收光譜
- 研究電視顯示器所使用三原色的工作原理，有別於太陽光的全色光
- 進行實驗表明兩個單色點光源繞射圖形如何顯示可見光解像度的限制
- 使用類比來理解量子世界中的隨機特質（例如薛丁格貓）
- 探討量子穿隧在放射衰變和太陽核聚變的作用

- 了解對量子力學發展作出貢獻的科學家（例如約瑟夫·約翰·湯姆森、馬克斯·普朗克、阿爾伯特·愛因斯坦、歐內斯特·盧瑟福、尼爾斯·玻爾、德布羅意、埃爾溫薛定諤和維爾納海森堡）
- 搜尋和探究原子物理研究用粒子加速器資料，如中國科學院高能物理研究所、歐洲核子研究組織(CERN)、超級神岡加速器(SKEKB)
- 研究粒子物理標準模型以解釋物質的基本組成部分，以及它們相互作用的四種基本力
- 參觀香港科學館有關量子科技的展品
- 參觀標準及校正實驗所，了解利用量子效應進行的物理測量所得到的參考標準（例如銨束原子鐘）

建議計算物理學活動

- 模擬盧瑟福散射實驗

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 研究量子電腦的量子位元原理，並從原理上與傳統電腦比較
- 探討新近利用量子科技的顯示器，以了解量子技術如何提高能源效益
- 研究量子科技的發展及其如何改變我們的日常生活
- 研究新近量子科技的發展及討論可能對社會和經濟的影響

8. 天體物理學和相對論

概述

天體物理學是應用物理理論和定律對宇宙進行研究的學問，它涵蓋廣泛的現象，由恆星的特質以至於神秘的黑洞和暗物質。此外，天體物理學提供了理論框架，加上航天科技的進步，成就了今天的太空探索。本課題簡要介紹不同空間標度下宇宙的面貌，鼓勵學生透過不同的觀察方式來揭示宇宙的基本法則，並了解恆星的一些基本性質和分類，以及宇宙的膨脹等。

由阿爾伯特·愛因斯坦提出的相對論是現代物理學的基石，它徹底革新牛頓力學，解釋了與萬有引力定律偏離的觀察結果。狹義相對論中的光速不變原理、時間延緩和長度收縮效應，符合觀察結果，例如從宇宙而來繆子的衰變。目前，衛星定位導航系統必須考慮相對論效應，以確保精確的實時定位。

科學的本質

- 20 世紀以前，宇宙被認為是穩定靜止的。在 1920 年代，埃德溫哈伯 (Edwin Hubble) 使用胡克望遠鏡的觀測，徹底改變了人們對宇宙的理解。他借助這當時先進的儀器，能夠觀測遙遠的星系並確定它們的距離，從而得出開創性結論——宇宙正在膨脹。教師可以從中帶出科技的進步，促使天文學家能擴闊所收集的數據以挑戰當時的模型，並為現代宇宙學奠定基礎。

學生應學習

學生應能

- | 學生應學習 | 學生應能 |
|--|---|
| a. 觀察天空 <ul style="list-style-type: none">觀察天體的儀器宇宙結構 | <ul style="list-style-type: none">認識不同的天文觀測儀器，從可見光及光譜以外觀察天體描述不同空間標度下天體的基本屬性和層階組織，包括太陽系、恆星、星團、星雲、星系和星系團以視差法測定天體的距離定義描述空間標度的基本術語，包括光年、天文單位和秒差距(pc) |
| b. 恆星和宇宙 <ul style="list-style-type: none">恆星的光度 | <ul style="list-style-type: none">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 |

學生應學習

學生應能

- 赫羅圖
- 斯特藩-玻爾茲曼定律
- 多普勒效應

- 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
- 說出斯特藩-玻爾茲曼定律($P = \sigma AT^4$)並由此導出圓球黑體的光度 $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$
- 用赫羅圖和斯特藩-玻爾茲曼定律估算恆星的相對大小
- 認識在恆星光譜中存在著光譜線
- 描述多普勒效應，並應用 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \approx \frac{v_r}{c}$ 測定天體的速
度
- 從星系旋轉曲線的推斷，解釋暗物質的存在
- 連繫紅移和宇宙膨脹，並推斷宇宙大爆炸理論

c. 相對論

- 慣性系
- 光速不變原理
- 時間延緩
- 長度收縮
- 時空線圖

- 指出牛頓力學在空間和時間的局限性
- 認識物理定律在任何慣性系中的有效性
- 認識真空中的光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ 是固定的，與光源和觀測者的速率無關
- 說出時間延緩 $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ 和長度收縮
 $l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$ ，並解決有關問題
- 利用時空線圖表示事件的發生和其光線到達兩個身處不同慣性系的觀測者
- 說出狹義相對論在解釋引力的局限性，並體會愛因斯坦的廣義相對論中的時空彎曲模型
- 認識相對論效應在衛星導航系統中的重要性

重點實驗活動

- 利用視差方法量度物件距離

建議學與教活動

- 製作簡單的天線並連接到軟體無線電，以接收不同來源的無線電訊號，例如無線咪、飛機和天體
- 研究恆星的演化及它們在赫羅圖的位置

- 觀察吸收線光譜（例如氯化碘）
- 在望遠鏡下觀察天體的光譜（例如 H-alpha）
- 使用聲音發射器示範多普勒效應（例如旋轉單頻聲音發射器）
- 在勻速運動的慣性系中進行實驗，以檢測物體在當中的運動遵守經典物理定律
- 進行邁克爾遜干涉儀實驗，檢測光速的恆定，並與光源或觀察者的運動無關
- 研究從宇宙以來高速行進的繃子，能夠在它衰變前於地球表面成功探測，以此作為狹義相對論的證據
- 使用雲室觀測來自宇宙的宇宙射線
- 利用光學儀器和節拍聲道觀察某移動物件的長度收縮及時間遲緩，模擬在狹義相對論下所觀察的世界
- 研究史瓦西半徑及黑洞的最新發現
- 研究 2016 年由雷射干涉重力波天文台（LIGO）所發現的引力波，引證阿爾伯特·愛因斯坦在早 100 年前對重力波的預言
- 參觀設有天文儀器的地點，例如天文公園及可觀自然教育暨天文中心
- 用肉眼觀測天文現象
 - 比較不同恆星的顏色和光度
 - 認識西方和東方的星座及天體的視運動
 - 流星雨
 - 特殊的天象，例如月蝕
- 利用光學望遠鏡進行觀測
 - 月球表面，包括撞擊坑、月球瑪麗亞、射線等
 - 行星的特殊事件，例如合相、大距、大衝等
 - 太陽黑子和日蝕（必須採取適當的安全措施）
 - 一些主要行星的特徵（例如木星的大紅斑、帶紋和衛星、金星的位相和土星的光環）
 - 特殊的天象，例如火星大衝
 - 明亮的彗星
 - 雙星、星雲及深空天體
 - 定期/長時間追蹤觀測變化的研習，例如月相、木星的衛星運動或大紅斑、金星相位等
- 觀察人造衛星，並利用天線接收空間站的無線電訊號
- 搜尋國家的大型天文學及宇宙學科研設施，例如 500 米口徑球面射電望遠鏡（天眼）、高海拔宇宙綫觀測站（拉索）、國家天文望遠鏡等，體會國家的科研發展

建議計算物理學活動

- 模擬多普勒效應
- 模擬不同參考系的同時性和時間延緩

科學、科技、社會及環境和社會性科學議題

- 研究天體物理學的發現促進現代科學的發展，並最終改變我們的生活方式
- 研究宇宙射線或來自太空的天體對我們的影響與人類的反應，例如隕星和太陽風
- 比較不同文化的曆法並連繫天文觀測

9. 物理學的科學探究

概述

課程中部分課時用於學生進行實驗活動和科學探究/工程設計活動，旨在探討物理現象或解決實際問題，從而培養他們的科學探究能力。這些活動應結合計算物理教學，以提升學生運用跨學科技能的能力。學生應能在使用數字工具和人工智能時，重視明辨性思維和負責任的重要性，認識其在科學探究中的優勢和局限性，並理解在解決與物理相關的問題時，需將數字技術和人工智能與合理的科學推理相結合。

教師須安排至少八(8)次由學生動手的實驗活動。教師可按學生的學習需要，安排重點實驗活動或校本實驗活動。

教師須在實驗活動中，安排至少一次科學探究/工程設計活動，讓學生得到探究為本的學習經歷，從中發展第 2.2.1 章所述的科學探究技能，以及：

- 制定探究方案，並論證其合理性
- 提出改進方案，以提升科學探究的效度與信度/改善產品的效能與效率
- 運用準確術語與恰當報告方式，呈現研究結果與結論
- 使用合適的數字工具（例如數據記錄儀、感應器、電子試算表、繪圖軟件及人工智能），以收集、處理與詮釋數據，搜尋與整理物理資訊，並評估數字及人工智能所生成結果的可靠性與科學準確性
- 結合探究過程及獲得的數據和資料，評估結論的有效性

課時分配

	實驗活動	科學探究/ 工程設計	
學習目標	科學探究 • 實驗技巧 • 數據分析 • 準確度和處理誤差 • 安全意識 計算物理學 • 建構計算模型 • 計算機輔助數據分析		
過程	• 預備實驗 • 運用儀器／計算工具進行實驗 • 完成課業或報告	• 制定及論證探究方案 • 實踐探究方案 • 分析初步數據及修訂方案 • 報告結果及分析誤差	• 定義問題和設計解決方案 • 製作原型及進行科學測試 • 分析數據並找出原型設計的最佳設定 • 根據分析數據改良原型
每次活動約佔課時	~ 80 分鐘	~ 240 分鐘	
	最少八(8)次學生動手實驗活動，當中包括最少一(1)次科學探究/工程設計活動		
	16 小時		

執行

科學研究和/或工程設計旨在解決與物理相關的問題，是探究導向的學習活動，讓學生能夠親身體驗科學家/工程師為社會工作，並從中加深認識科學的本質。在此基礎上，學生可以積極地投入學習，提出問題和從多方面探討，進而提出新的想法並解決問題。

學與教活動的性質可分為科學探究與工程設計。在現實的問題中未必單純是其中之一，而很多時是它們的結合。以下是設計學與教活動的一般原則供教師參考。

科學探究 — 注重於提出科學問題和建構解釋。學生從小學至初中學習科學探究，並建立相關探究能力。科學探究過程通常包括定義問題、計劃和進行探究、收集數據、組織和分析結果以及匯報。在探究過程中，學生可以應用相關的物理概念和科學探究技能，從而提升對科學的本質的理解。

教師可安排第 2.3 節所建議的實驗活動或校本的實驗，以探究導向的方式進行科學研究。本課程更鼓勵教師安排真實的或開放式的學習任務。以下是一些建議的科學探究題目：

- 研究影響冷卻速度的因素
- 證明一個運動是勻速運動或勻加速運動
- 估算物體的終端速度
- 研究拋射運動參數之間的關係
- 研究影響太陽能電池效率的因素
- 估算某天體與地球的距離
- 分析來自天體的無線電訊號
- 編寫程式模擬簡諧運動，並研究阻尼係數
- 編寫模擬複雜系統的程式以演示一些社會過程，例如森林火災、疾病傳播和人群控制

工程設計 — 著重於定義問題和設計解決問題方案。學生於科學科（小一至小六）「工程設計與創新」和科學科（中一至中三）「工程實踐」，對於建構和改良模型的原理有基本掌握。工程設計過程通常包括辨識問

題、設計解決問題方案、製作產品、進行測試及評價以至改良。透過工程設計循環，學生可以體驗利用物理原理、科技和計算思維能力製成產品，從而促進對創新科技的學習。

以下是一些建議的工程設計題目：

- 設計和製作單擺時鐘以表示指定時間間距
- 建構並提高太陽灶的性能
- 建造水火箭並提高其性能，以達到高度、精度或安裝降落傘等目標
- 設計和製作天線以接收無線電訊號
- 利用各種感應器建構機械人系統
- 建造並測試自製風力渦輪發電機
- 建造由可再生能源供電的系統，例如照明和製冷
- 為微型電腦接上聲波感測器系統編寫程式，設計和製作泊車警報系統
- 設計和製作智慧設備，並應用於家庭或校園，從中應用物理概念和編程，例如在自動化系統中使用紅外探測

第三章 評估架構

3.1 評估目標

物理科的評估目標為測驗考生以下的能力：

1. 憶述及了解物理學的事實、概念、模型和原理，以及「課程架構」內各課題的相互關係；
2. 應用物理學知識、概念和原理，解釋現象和觀察結果，以及解決問題；
3. 顯示在進行實驗時對儀器運用的理解；
4. 顯示對有關物理學的研習方法的理解；
5. 以不同形式（例如表格、圖線、圖表、圖解等）表達資料，並將之由一種形式轉為另一種形式；
6. 分析及詮釋資料，並推導出適當的結論；
7. 顯示對誤差處理的理解；
8. 選取及綜合有關資料，並能清楚、準確和邏輯地表達出來；
9. 理解物理學在日常生活的應用及對現今世界的貢獻；
10. 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事件；及
11. 基於物理知識及原理，審視證據並作出建議、選擇及判斷。

3.2 評核設計

3.2.1 評核模式

物理科的公開評核由公開考試和校本評核兩部分組成，概略見於下表：

組成部分		比重	時間
公開考試	試卷一 傳統題	52%	兩小時十五分鐘
	試卷二 多項選擇題	28%	一小時
校本評核		20%	——

3.2.2 公開考試

試卷一由傳統題組成，包括短題目、結構題和論述題，試題涵蓋課程內核心和延展這兩部分，佔本科分數52%。考生須回答試卷一的全部試題。

試卷二由多項選擇題組成，試題涵蓋課程內核心和延展這兩部分，佔本科分數28%。考生須回答試卷二的全部試題。

涵蓋延展部分的試題將不會超過筆試分數的 30%。

3.2.3 校本評核

所有學校考生必須參加校本評核。校內教師會評核考生在中五和中六期間，於實驗作業所涉及的一系列技巧的表現。考生須進行指定數目的實驗，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。此外，考生亦可設計和進行一個科學探究，以解決某現實問題。他們須運用所懂得的物理知識進行該科學探究。通過此探究，考生可發展他們的共通能力、實驗技能、過程技能和報告技能等，教師亦可從中評核考生有關的能力。

下表總結校本評核於中五和中六兩年的最少評核數目，以及於本科內的比重：

	最少評核數目 *	
中五	1 EXPT (6%)	
中六	1 EXPT (6%)	1 SI (8%)

* 在中五和中六的兩年內，須進行最少兩次實驗 (EXPT) 評核，以及一次科學探究 (SI) 評核。

考生須妥善保存他們所有校本評核的工作紀錄，作為監察和證明之用，直至香港中學文憑考試成績公布為止。

自修生不須參加校本評核。他們本科的成績全部以公開考試成績計算。

有關校本評核的詳細要求、規則、評核準則、指引和評核方法等，已刊於香港考試及評核局編訂的香港中學文憑考試物理科校本評核教師手冊內。

數字教育工具和人工智能於物理科學與教及評估的應用

2024 年諾貝爾物理學獎肯定了物理學如何啟發當今人工智能（AI）工具的發展。將 AI 工具整合到物理課堂中，能讓學生直接體驗科學原理如何轉化為技術創新。這種教學方式有助於學生理解科學的本質，使理論模型以具創意且能演進的過程轉化為現實應用。

數字教育工具和 AI 為物理科的學與教提供支援，並促進教學創新。透過適當使用數字教育工具及人工智能輔助教學，教師可更好地設計具互動性的學習活動，更深入了解學生的學習進度及需要，並透過多元化的教學方法提升教學效能。

透過妥善運用數字教育工具與人工智能輔助教學策略，教師能更有效地設計互動教材，利用計算裝置進行高效且精確的實驗數據收集與分析；同時，藉由模擬抽象的物理現象，協助學生克服對於違反直覺概念的認知障礙。

教師可適當運用 AI 及數字教育工具，包括模擬程式、動畫、視覺化及數據分析工具，以協助學生更深入地理解抽象的物理概念。此外，利用網上學習平台及人工智能輔助工具，能為學生提供多元化的學習體驗及即時回饋，從而促進自主學習並提升學習成效。

以下展示數字教育工具應用的一些例子，供教師參考：

數字教育工具	教學應用
流動裝置	- 利用流動裝置的內置感應器（如加速計、光感應器、傳聲器）進行實驗或科學探究，定量研究物理現象。這能聯繫理論與日常現象，並強化以證據為基礎的推理能力。 - 讓學生拍攝現實世界中的運動（如拋體運動、駐波），進而進行定性運動分析。
數據記錄器和感應器	在實驗活動中輔助實時數據收集與圖象分析；透過讓學生即時觀察規律並專注於數據詮釋（而非手動繪圖）來提升科學探究技能，並讓其嘗試設計實驗。
編程軟件 / 試算表	- 讓學生練習數據分析、繪圖、數值模擬及物理現象（如運動、電路、波動）的建模。 - 培養計算思維，並允許互動探索不同場景，透過視覺化加深概念理解，利用電腦發展科學探究技能。
電腦模擬	讓學生在無風險的虛擬環境中視覺化並操作抽象的物理現象（如電場、拋體運動、波的干涉），協

	助他們克服直覺上的誤解，並透過探究式探索建立概念理解。
網上實時實驗平台	• 提供遙距但真實的實驗，讓學生能安全且重複地練習實驗技巧，加深對潛在物理原理的理解。
多媒體資源（動畫與影片）	• 動畫與影片有助於學生將抽象概念視覺化。 • 激發學習興趣，支援概念理解，並允許重複觀察實驗技巧與現象。
人工智能（AI）	• 在「氛圍編程」(vibe coding) 的輔助下，利用 AI 生成物理模擬的初始程式碼，實現對困難實驗(如 α 粒子散射、逃逸速度)的安全且可重複的研究。 • AI 引導學生進行實驗設計與數據詮釋，深化對科學實驗本質的理解；學生亦可修改程式碼以測試假設，在發展物理建模技能的同時培養計算思維。 • 協助教師根據學生需求設計與課程接軌的學教評材料，從而為實驗工作、討論及更深層次的概念理解騰出課程空間。

下表旨在協助教師根據物理科學學習活動的特定目的，識別並選擇合適的數字教育工具，並說明如何靈活且互補地運用不同工具，以支援課堂設計、學習活動及評估。

數字教育工具的功能	流動裝置 / 數據記錄器和感應器	編程軟件 / 試算表	電腦模擬	網上實時實驗平台	多媒體資源	人工智能
建構計算模型		✓				✓
實驗與數據處理	✓	✓		✓		
利用模擬程式說明概念			✓			✓
抽象概念視覺化					✓	
促進學習的評估與自主學習						✓

於物理科運用人工智能（AI）的教學考量

當應用 AI（包括生成式人工智能 GenAI）支援學習與教學時，教師應在人工智能輔助學習、動手做的科學探究及其他教師引導的學習活動之間保持適當平衡。教師對運用 AI 的適切性需作出專業判斷，並確保自身持續擔當學習促進者的角色。學生應獲提供充足機會參與真實的學習體驗，包括於實驗室進行實驗、科學探究、對社會科學議題的反思討論，以及科學推理，以發展概念理解與科學探究技能。

教師如運用 GenAI 輔助設計教學材料，需清楚標示該內容由 GenAI 所產生，同時亦應避免將該內容用於有違學術誠信的用途。教師在使用前應核實 AI 生成內容的真實性、準確性和一致性。當使用 AI 工具支援評估或反饋時，教師應進行人工審核和調適，以確保評估質量並維護學術誠信。

教師亦應培養學生符合道德及負責任地使用 AI 的意識，包括了解其局限性和潛在的不準確性。教師應引導學生明辨性地評估 AI 生成的內容，並透過權威來源核實資訊，將 AI 用作輔助工具，而非取代科學推理。

於物理課堂運用人工智能（AI）的教學設置

教師在規劃物理課堂時，需清楚訂定學習目標，並考量在落實該目標時應如何運用 AI 輔助學生進行科學實踐活動，例如將物理概念應用於陌生問題、分析及詮釋實驗數據，以及建構解釋與評鑑。

規劃涉及 AI 的物理課堂時，教師應考慮：

- 預期的學習目標和預期學習成果；
- AI 如何支援（而非取代）學生的概念理解與探究；
- 為學生使用 AI 工具提供合適的支援和引導；
- 鞏固理解並促進知識遷移的學習策略；及
- 數字學習體驗與其他教師引導的學習活動（包括於實驗室進行實驗、科學探究、對社會科學議題的反思討論，以及科學推理）之間的平衡。

運用數字教育工具和人工智能設計課堂的示例

AI 工具可以協助將物理中抽象的微觀世界視覺化。透過精心設計的學與教活動，教師可創造機會，讓學生透過主動式、建構式及互動式學習，將宏觀性質與次微觀層面的分子間的相互作用聯繫起來。在設計 AI 輔助活動時，教師應著重於幫助學生運用相關的前備知識，並將所獲取的理解遷移到新問題上，同時明辨性地評鑑 AI 生成的內容。

課題：熱物理學 分子運動論

學習成果：

- 認識氣體分子的無規運動
- 認識氣體壓強是源於分子對容器壁的碰撞
- 連繫分子平均動能(微觀量)和溫度(宏觀量)
- 從麥克斯韋-玻爾茲曼分佈闡釋溫度的變化

學習活動	數字教育工具／AI 的應用
1. 教師首先教授分子運動論的基礎知識（例如：氣體分子正進行著永無止境的無規運動，而壓強是由於氣體分子與容器壁碰撞而產生的）。隨後，教師要求學生根據對分子運動論的理解，預測並繪出氣體分子在密閉容器內如何運動與碰撞，並選擇所要研究的氣體分子參數（例如：速度、數量、動能）。	不涉及 AI
2. 教師指導學生利用 GenAI 工具進行「氛圍編程」，創建互動的模擬程式，以視覺化方式呈現氣體分子的各項參數（例如：速度、動能）。	利用 GenAI 創建模擬程式
3. 教師引導學生觀察並測試生成的模擬程式；學生可與同學討論，並利用分子運動論的知識來評估該程式能否模擬真實的物理現象，進而對模擬程式進行修改。	不涉及 AI
4. 學生利用相關的物理定律和原理，評估 AI 生成的模擬程式中所描繪的分子運動，從而識別並解釋模擬中出現的任何錯誤。經過小組討論後，學生可以修正生成的模擬程式，並將最初的錯誤觀念與修正後的版本進行對比。	利用 GenAI 修改模擬程式

高中科學科目學習的聯繫

在生物（中四至中六）、化學（中四至中六）及物理（中四至中六）課程的學與教過程中，學生會接觸到在各科學科目之間相互關聯的科學探究技能與學科內容。這些共通的學習元素，是培育學生科學素養的重要組成部分。具體而言，雖然這些科學課程在高中階段是獨立的選修科目，但它們均建基於共通的科學原理與科學探究模式。因此，選修兩科或三科科學科目的學生，會在科學學習上獲得互相強化的效應，因為在一個科目中培養的概念和技能，往往能深化並延伸學生對另一科目的理解。

為加強生物、化學和物理學習的連貫性和深度，本節明確標示各課程中所闡述的共通科學探究技能及相互關聯的學科內容。透過識別這些共通元素，教師可以採用更綜合的科學教學方法，不僅強化學生共通的科學技能，亦能於學生參與科學實踐過程中，發展他們對科學的理解。尤其物理教師不應僅專注於物理學科內的專門知識，更應有意識地培養所有科學科目共通的科學能力。這種貫穿各科學科目的共同重點，有助於學生從科學（中一至中三）課程銜接進階學習，加強科學教育學習領域內的連貫性，並讓學生具備在科學和現實生活情境中進行實證為本的探究、明辨性評估數據和作出明智決策所需的能力。

生物（中四至中六）、化學（中四至中六）及物理（中四至中六）課程共通的科學探究技能

實驗、數據處理與科學推理能力，是高中生物、化學及物理科的基礎，亦構成科學教育學習領域所強調的科學探究基礎。這些技能在初中科學（中一至中三）課程中逐步培養，讓學生能夠產生可靠的實驗證據，進行定性和定量的數據分析，評估實驗的局限性，並據此作出有效且有實證支持的結論。

透過各高中科學科目的課程及評估指引所建議的實驗活動，學生得以體驗以證據為本、系統化的科學探究過程。三門科學學科有著對科學探究的共同重視，不僅有助學生獲得科學科目的核心能力，還強化了如明辨性思考、解決問題和協作等可轉移的技能，同時培養正面的價值觀和態度，包括處理數據的誠信、對安全的承擔，以及對科學實踐中倫理議題的關注。

1. 實驗技能

透過進行各科的課程與評核指引所建議的實驗活動—由結構化實驗、探究式實驗，以至開放式探究研習—學生能以系統化及反思的方式，積極參與科學探究的核心過程，包括觀察、提出假設、設計實驗、收集數據、解釋數據及得出結論。參與生物、化學及物理科的實驗活動，有助學生深化對學科知識的理解，同時體會跨學科實驗背後的共通科學原理，例如：科學知識雖具暫定性，但亦建基於實證；有效性與可靠性的重要性；以及創意與毅力在促進知識理解中所發揮的作用。

以下是三科共通的**實驗技能**，並列明其從初中階段開始的明確進階。

- E1 規劃及設計探究
- E2 風險評估及實驗室安全實踐
- E3 選擇及操作儀器與物料
- E4 控制變量及確保實驗可靠性
- E5 準確與精密的測量及觀察
- E6 數據收集及記錄
- E7 評估及改進實驗

E1 規劃及設計探究

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 根據觀察或相關的前備科學知識，擬定可測試的假設或研究問題 - 確定要研究的問題並作出預測 - 選擇合適的方法並論證實驗方案 - 辨識自變量、因變量和控制變量 - 設計邏輯上合理且可行的步驟，以回應研究問題 - 規劃並撰寫實驗步驟	✓ 根據所觀察的現象擬定假說 ✓ 辨識自變量、因變量和控制變量 ✓ 從不同的實驗設計進行選擇或改良科學探究方法

E2 風險評估及實驗室安全實踐

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 為實驗／科學探究進行風險評估 - 實施適當的安全措施（例如：使用個人防護裝備、正確處理化學品、高壓電設備或生物樣本） - 展現負責任的實驗室操作，包括妥善處理廢棄物、遵守安全規則（例如：時刻留意熱源），以及採取合適的應急程序 - 安全地進行探究，以收集有效且可靠的數據	✓ 恰當地及安全地使用儀器

E3 選擇及操作儀器與物料

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 根據探究所需的精確度、規模和性質選擇合適的儀器和物料 - 正確且熟練地使用儀器和物料 - 有效處理物料以減少浪費並確保實驗可行	✓ 恰當地及安全地使用儀器

E4 控制變量及確保實驗可靠性

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 設計對照實驗以探究變量間的關係（相關性或因果關係） - 識別潛在的干擾因素並將其影響降至最低 - 透過重複試驗和取平均值來減少隨機誤差的影響 - 評估可靠性並提出改進建議以優化實驗設計	✓ 設定對照實驗以減低干擾因素對辨識因果關係的影響 ✓ 辨識自變量、因變量和控制變量

E5 準確與精密的測量及觀察

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
• 正確使用測量儀器並按適當精確度讀取刻度 • 區分準確度與精密度 • 進行仔細的定性觀察（如顏色變化、沉澱物形成、行為反應、非預期的現象） • 評論科學量度中的準確度與精密度	✓ 進行定性觀察與定量量度 ✓ 評論科學量度中的準確度與精密度

E6 數據收集及記錄

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
• 收集充足且相關的數據以解決探究問題 • 使用適當的單位和有效數字記錄測量值 • 於表格或結構化格式中系統性記錄原始數據 • 在合適情況下進行初步數據處理（如取平均值或單位換算） • 清晰呈現數據以便後續分析	✓ 進行定性觀察與定量量度 ✓ 運用表格和圖象作數據分析

E7 評估及改進實驗

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
• 評估實驗的可行性、有效性和可靠性 • 提出改善實驗可行性、有效性及／或可靠性的方法 • 識別實驗中的限制和誤差來源 • 為未來研究提出改進建議或替代方案	✓ 從不同的實驗設計進行選擇或改良科學探究方法

2. 數據處理技能

收集實驗數據後，學生須處理和分析數據，以得出有效結論，支持或反駁所設定的假說。這些基本知識與技能已於科學科（中一至中三）課程中建立。在高中階段，學生將在生物、化學及物理科目中，透過更嚴謹的數學要求與深化的概念，進一步強化並應用相關技能。

以下是三個科目共通的**數據處理技能**，並列明其從初中階段開始的明確進階。

D1 國際單位制和單位詞頭的使用及單位的推導

D2 有效數字與測量誤差的處理

D3 以圖表表達關係與函數

D4 數據分析與詮釋

D1 國際單位制和單位詞頭的使用及單位的推導

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 在表達物理、化學及生物數據時正確使用 SI 單位 - 準確進行單位換算，包括使用詞頭和科學記數法 - 在適當情況下從基本 SI 單位推導及解釋複合單位 - 以適當的數量級表示量值	✓ 運用科學記數法、有效數字和比，以表達和比較科學數據

D2 有效數字與測量誤差的處理

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 根據所使用的測量儀器，以適當的精確度記錄測量值 - 使用適當的有效數字位數表達計算結果 - 區分準確度與精確度 - 透過重複測量和取平均值減少隨機誤差的影響 - 識別異常結果並評估其對可靠性的影響	✓ 運用科學記數法、有效數字和比，以表達和比較科學數據

D3 以圖表表達關係與函數

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 根據自變量和因變量的性質，選取適當的變量作為 x 軸和 y 軸 - 選擇合適的刻度和單位、坐標軸標籤和圖表標題，以清晰準確地呈現圖像 - 準確繪製數據（手繪和／或使用數碼工具），構建合適的線圖、散點圖或其他適當類型的圖表 - 識別並以圖像方式表達常見的數學關係	✓ 運用表格和圖像作數據分析

D4 數據分析與詮釋

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 進行數據分析以識別所收集數據中的模式、趨勢或關係 - 從圖表數據中繪出合適的最佳擬合線或曲線，並以此解讀趨勢、內插／外推數值，或確定斜率／截距 - 解讀圖表以識別數據中的模式、關係、異常或限制 - 將圖表及數值結果與相關科學原理聯繫起來 - 評估數據的局限性並提出改進建議	✓ 運用表格和圖象作數據分析 ✓ 找出異常值和處理重複量度所得數據，以評估所涉及的不確定性

3. 科學推理技能

科學推理技能以演繹、歸納和溯因推理為基礎過程，這些能力可應用於科學模型與論證的建構、評鑑及修訂。透過此類推理，學生能解讀實驗證據，構建連貫的科學解釋，並批判性評鑑論說和模型。這些高階認知技能從初中科學（中一至中三）課程逐步發展，是科學教育學習領域所強調的科學素養核心。在高中生物、化學及物理課程中，學生運用科學推理分析實驗數據、評鑑結論的有效性、將概念應用於新情境，並以實證為基礎審視科學、科技、社會與環境相關的議題。

以下是三個科目共通的**科學推理技能**，並列明其從初中階段開始的明確進階。

R1 科學推理：演繹、歸納與溯因

R2 推理的應用：科學建模與論證

R1 科學推理：演繹、歸納與溯因

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 從觀察、實驗數據或科學數據中作出符合邏輯的推論 - 檢視證據並運用邏輯推理，以得出有效結論 - 當結果涉及不確定性或概率時作出明智的判斷 - 運用歸納推理，從特定觀察或數據概括出更廣泛的趨勢、模式、結論或模型 - 運用演繹推理，根據普遍觀察或數據，以及既定規律、原理、理論、模型或趨勢預測特定結果 - 運用溯因推理，在存在多種可能詮釋時，推斷最符合現有證據的合理解釋 - 認識歸納、演繹與溯因推理在科學探究中各自的適用情境、優點與限制	✓ 以特定數據歸納普遍趨勢、結論或模型 ✓ 以普遍觀察、趨勢或模型推論特定結果 ✓ 為所觀察的現象推斷最佳可能解釋 ✓ 以現象發生的概率作出明智的判斷

R2 推理的應用：科學建模與論證

修讀生物、化學或物理的學生應能	與科學（中一至中三）課程的銜接
- 在熟悉或新穎的情境中，應用適當的科學模型以解釋現象、詮釋數據及預測結果 - 評鑑科學模型的優點、局限性、假設及其暫定性質 - 建構並陳述以實驗證據、邏輯推理及相關科學原理為基礎的合理科學論點 - 參與科學論證，系統地分析、解釋、評論或辯護自然現象的科學解釋 - 將新概念或證據融入現有知識架構，並明辨性應用於新情境 - 體會科學知識的演進本質，即模型與解釋會隨證據累積而不斷修訂	✓ 以特定數據歸納普遍趨勢、結論或模型 ✓ 以普遍觀察、趨勢或模型推論特定結果 ✓ 為所觀察的現象推斷最佳可能解釋 ✓ 以現象發生的概率作出明智的判斷

生物（中四至中六）、化學（中四至中六）及物理（中四至中六）課程的相關學科內容

在高中階段，生物、化學和物理是獨立的選修科目。然而，它們共享許多基本概念和原理。同時修讀兩至三個科學科目的學生，能更全面、更連貫地理解科學的統一性，在學習上獲得顯著優勢。學生透過不同學科的視角探索共同的基本概念（如物質、能量以及掌管由次原子到宇宙尺度的物理世界的相互作用），可加強並深化其跨學科的掌握能力，從而靈活運用知識於陌生或真實生活情境中。例如，理解物理學中的能量守恒，有助於詮釋化學中的焓變及生物生態系統中的能量流動，從而促進更精細且可遷移的概念理解。

此外，修讀多個科學科目有助促進學生對共通語言和規範的熟練掌握。學生會更擅長使用精確的科學術語（例如：摩爾、電勢差、活化能）、符號表達方式（例如：方程式、圖表、結構式），以及定量工具（例如：有效數字、單位換算、誤差估算）。這種對科學語言、符號及表達方式的共通運用，能減少學科之間的障礙，提升科學意念的交流，並強化學生的整體科學素養。

明確建立這些跨學科聯繫，能讓學生對科學現象建立更整合且連貫的理解。具體而言，修讀兩至三個科學選修科目的學生會發現，在一個科學科目中

遇到的概念，往往能為理解另一科目的現象提供解釋框架，從而深化概念理解，並促進知識在不同情境中的應用。

下表提供了生物、化學及物理課程相關內容的示例，說明能量轉換、物質結構、粒子間的相互作用、輻射和結構與功能之間的關係等核心概念，如何在不同的學科情境中發展及應用。

生物、化學及物理科相關學科內容示例：

物理科	化學科	生物科
溫度、熱與內能；物態改變；封閉系統的能量守恆定律	化學反應中的焓變	生態系統中的能量流動；細胞呼吸與光合作用的能量轉化；體溫調節
氣體定律	摩爾概念；亞佛加德羅定律；摩爾體積	人體與植物的氣體交換
分子運動論	反應速率	影響酶反應速率的因素；跨細胞膜的擴散與滲透
電磁波譜；強度	紅外光譜法與比色法	光照強度對光合作用的影響；光合色素的吸光
電路	化學電池；電解	神經衝動的傳導
靜電學；標量與矢量	鍵的極性；分子間引力	酶與底物的結合；水的特性
原子模型；放射性衰變；同位素	原子結構；次原子粒子；同位素	生物分子的結構與化學鍵（如 DNA 核苷酸、蛋白質）
能源	化石燃料與碳化合物	生態系統中的資源利用

生物科（中四至中六）、化學科（中四至中六）及物理科（中四至中六）課程所需的數學技能

在高中階段，穩固的數學基礎對於學習生物、化學和物理至關重要，因為許多數學技能在這三個學科中是共享或密切相關的。這些技能包括代數運算和公式應用、數據處理和圖象分析，以及幾何學和三角學的應用。下表列出生物、化學和物理科相關的數學技能例子以供參考：

數學技能	在科學科目應用的例子
方程式與函數的運算	生物科 - 應用與顯微鏡學相關的公式（例如：放大率 = 影像大小 / 實際大小） 化學科 - 解代數方程式（例如：反應速率 = $k[\text{反應物 1}]^x[\text{反應物 2}]^y$） - 進行涉及對數的計算（例如：$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$、阿列紐斯方程） 物理科 - 推導並應用方程式解決力學、電磁學及量子物理等課題的問題
數據處理與單位使用	生物科 - 計算細胞內結構大小時公制單位間轉換（例如：毫米轉微米） - 量化環境條件時選用適當的測量單位 化學科 - 以合適單位表達物理量（例如：分子量、濃度），並明白單位間如何轉換 - 計算平均滴定值 物理科 - 透過單位轉換與使用國際單位制（SI）單位進行量綱分析 - 在實驗測量中應用數量級與有效數字的概念
比率、分數與百分數的運用與轉換	生物科 - 計算百分數以確定營養級間能量轉移的效率 化學科 - 利用質量組成及摩爾質量求出實驗式和分子式 物理科 - 計算變壓器、電器及機械的效率

數學技能	在科學科目應用的例子
圖表的繪製與闡釋	生物科 - 繪製圖表以確定生物組織的物理性質 - 解讀曲線以推斷生理變化隨時間或距離的趨勢 化學科 - 求出化學反應的活化能 - 由實驗結果計算焓變 物理科 - 繪製並分析物理定律的圖表 - 解讀斜率、截距與線圖下的面積的物理意義
幾何與三角學的應用	生物科 - 明白生物分子的三維結構 化學科 - 推測及繪製立體圖以表示分子形狀 物理科 - 應用向量加法求合向量，並分解向量為分量（例如：加速度、力） - 於力學（例如：功）、電磁學（例如：磁力）中應用點積與叉積

修讀兩科或三科科學科目的學生，可透過強化這些共通的數學技能，深化概念理解，並更流暢地運用數學解決科學問題。若學生同時修讀數學延伸部分（單元一或單元二），此優勢更為明顯，因延伸數學的研習能有助深入掌握高階科學課題。例如，單元一或單元二的微積分知識，可協助學生更透徹理解物理運動學中「變化率」的含義，以及「曲線下方面積」與物理量之間的關係。此種協同效應不僅支援三科學習，更能拓展學習深度。

物理課程內容建議更新摘要

更新方向	課程內容的建議修訂	理據
課程的結構及內容的修訂：		
完善與初中科學的縱向銜接	刪除「波動」中的幾何光學、「熱和氣體」的熱轉移過程，其學習內容分別已納入更新科學（中一至中三）課程單元十二「光和聲音」和單元七「物質與能量」。	理順科學（中一至中三）課程中的物理相關學習元素，完善初中與高中學習階段之間的銜接
整合必修部分及選修部分	「天文學和航天科學」中的宇宙結構、恆星的光度、多普勒效應納入「天體物理學和相對論」；重力下的軌道運動則納入「物理和工程」 「原子世界」中的盧瑟福原子模型、光電效應、玻爾的氫原子模型、粒子或波納入「量子物理學」 「能量和能源的使用」中的可再生和不可再生能源、能耗對環境的衝擊納入「物理和社會」 「醫學物理學」中的超聲波測距及射性同位素的醫學影像學應用分別納入「波動學」及「物理和社會」	整合必修部分及選修部分，讓學生獲得更穩固的現代物理學知識基礎

更新方向	課程內容的建議修訂	理據
調整選定內容，以及重新編排課題及副題的次序	刪減以下副題／學習成果： • 熱和氣體 - 溫度計 - 熱轉移過程 - 理想氣體的微觀和宏觀關係 $PV = \frac{1}{3} Nmc^2$ - 真實氣體 • 波動 - 用行波的位移-時間和距離-時間關係圖線詮釋縱波的資料 - 幾何光學，包括光的反射、光的折射和全內反射的光線圖、透鏡的成像及透鏡公式 - 嘈音 • 電和磁 - 不同物料的電流隨所施電勢差的改變、溫度對金屬和半導體的電阻的影響 - 安培計和伏特計的電阻對量度的影響 - 交流電的方均根值 • 放射現象和核能 - 衰變指數方程 - 嬗變反應 • 天文和航天科學	• 創造空間以整合必修與選修部分

更新方向	課程內容的建議修訂	理據
	- 天文學的發展史，包括日心說和地心說、伽利略的天文發現、開普勒定律描述行星運動 - 重力下的軌道的開普勒第三定律 - 恆星的星等、視星等和絕對星等、主要光譜型 OBAFGKM 及用徑向速度曲線測定其軌道的半徑、速率和週期 • 原子世界 - 玻爾氫原子模型中的公設，以及公設中的電子繞氫核運動時的量子化角動量 - 窺探納米世界，包括納米標度下材料的物理性質、透射電子顯微鏡的運作和納米科技的新近發展 • 能量和能源的使用 - 家取用電，包括家用耗能電器、照明、無火烹調、抽熱和能源效益標籤 - 在建築和運輸業中的能源效益，包括改進能源效率的建築物材料和電動車 • 醫學物理 - 眼和耳的感官 - 非電離輻射醫學影像學 - 電離輻射醫學影像學	

更新方向	課程內容的建議修訂	理據
	重新編排課題及副題的次序： - 經典物理學以「力學」、「熱物理學」「波動學」及「電和磁」，按物理學的歷史發展調整 - 將家居電學、電磁感應、交流電、變壓器和以高壓電傳輸電能納入「物理和工程」 - 將「天文學和航天科學」、「原子世界」和「能源和能量應用」中有關強度的概念整合並納入「波動學」	- 學習內容按物理歷史發展，強化科學的本質 - 將電和磁與航天的應用納入「物理和工程」，突顯物理應用於日常生活 - 促進以循序漸進方式在不同課題學習和應用強度概念與計算
	調整課題及副題的學習成果： 「熱物理學」：馬克士威-波茲曼分布 「電和磁」：基爾霍夫定律 「物理和工程」：傳感器的應用 「物理和社會」：可持續發展與碳中和、物理相關職業、物理學與創新科技 「天體物理學和相對論」：天文觀測	- 使現有學習目標和學習成果更清晰 - 配合新近的科學與科技發展 - 加入建基於前備知識的學習成果，強化學生理解並鞏固學生學習
	增潤以下副題／學習成果： - 簡諧運動的運動學 - 位移、速度、加速度隨時間的變化 - 受迫振盪、阻尼和共振 - 光波的偏振現象作為光是橫波的證據 - 流體中的飛機 - 推導連續方程式及處理相關問題 - 認識伯努利原理及康達效應為飛機產生升力	- 配合國家十五五規劃，包括航天及航空科技、量子技術等 - 配合新近的科學與科技發展 - 與世界各地主要經濟體的高中物理課程及考試達到基準

更新方向	課程內容的建議修訂	理據
	- 應用伯努利方程解決與飛機相關的問題，包括皮托管 • 量子物理學 - 量子的概率本質 - 量子疊加 - 海森堡不確定性原理 • 相對論 - 慣性系 - 光速不變原理 - 時間延緩和長度收縮 - 時空線圖	
加強科學探究技能	• 新增課題「物理的科學探究」，取代原有的「探究研習」。該課題列明科學探究和工程設計的重點學習元素，教師可從中選取並融入不同課題的實踐活動中。同時，在各課題的建議學與教活動中加入重點實驗活動，以及計算物理學活動，供教師參考。	• 為學生提供充足的科學探究學習經歷，加強他們的科學探究能力

課程發展議會 — 香港考試及評核局物理委員會
物理課程及評估檢視工作小組

委員名錄

(2023 年 11 月至 2025 年 2 月)

主席：楊志豪教授

委員：蔡煒傑先生
鍾世澤先生
康仲賢先生
詹國龍博士
江卓文先生
梁寶建博士
林紫雲女士
彭景暉先生
譚啟鏗先生
曾仕瀚先生
徐建中先生
尹國棟先生
黃偉強先生

當然委員：梁逸然先生（教育局）
司徒毓堂先生（香港考試及評核局）

秘書：盧錦洪先生（教育局）

課程發展議會 — 香港考試及評核局物理委員會委員名錄

(2023 年 9 月至 2025 年 8 月)

主席：羅錦團教授

委員：蔡達誠博士
詹國龍博士
江卓文先生
李卓華先生
梁建儀博士（至 2024 年 4 月止）
梁寶建博士（自 2024 年 5 月起）
凌志聰教授
彭景暉先生
曾仕瀚先生
徐建中先生
尹國棟先生
黃偉強先生

當然委員：林威廉博士（教育局）（至 2025 年 6 月止）
盧錦洪先生（教育局）（自 2025 年 7 月起）
司徒毓堂先生（香港考試及評核局）（至 2025 年 2 月止）
凌子陽先生（香港考試及評核局）（自 2025 年 3 月起）

秘書：盧錦洪先生（教育局）（至 2025 年 6 月止）
梁逸然先生（教育局）（自 2025 年 7 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
(2025 年 9 月至 2027 年 8 月)

主席：羅錦團教授

委員：張豐先生
蔡達誠博士
蔡紹康博士
秦芷澄女士
江卓文先生
李卓華先生
梁寶建博士
凌志聰教授
吳其峰先生
伍國峰先生
曾仕瀚先生

當然委員：盧錦洪先生（教育局）
凌子陽先生（香港考試及評核局）

秘書：梁逸然先生（教育局）