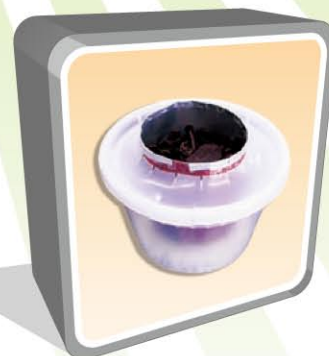


化學的探究研習

— 學習活動示例





目錄

鳴謝	P. 2
1. 教師指引	P. 3
2. 學生手冊	P. 13
3. 化學的探究研習示例	P. 21
碳酸鹽火箭	P. 22
從礦石中提取銅	P. 27
化學電池	P. 35
自製酸鹼指示劑	P. 40
零食的鹽分	P. 49
怎樣令它變熱?	P. 59
4. 化學科合用的探究課題	P. 71
5. 表格	P. 79
探究工作進度表	P. 80
組員資料	P. 81
資料搜集記錄表	P. 82
計畫書	P. 85
會見教師記錄表	P. 89
觀察及量度數據記錄表	P. 90
計算記錄表	P. 93
數據分析記錄表	P. 95
教師評核表	P. 98
自我及同儕評估表	P. 99

鳴謝

本資源冊得以完成，實有賴香港科技大學化學系同工的參與和努力。本組衷心感謝楊霖龍教授提出寶貴的意見和全力協助統籌工作。同時，本組亦十分感激陳浩懷博士、譚雅照小姐及陳善幸小姐在設計探究活動方面所作出的貢獻。

在試行階段，下列化學科教師與本組緊密協作，在學校進行了本資源冊的探究活動，並悉心總結經驗，讓活動得以改進。本組向各位老師表示萬分謝意。

陳錦源先生	(東華三院伍若瑜夫人紀念中學)
陳偉發先生	(華英中學)
許文端先生	(聖馬可中學)
林曉楓小姐	(西貢崇真天主教學校(中學部))
林倩儀小姐	(中華基督教會基元中學)
李振輝先生	(匯基書院(東九龍))
吳 賓先生	(香港數理教育學會)
潘廣祥先生	(聖公會曾肇添中學)
蘇美琪小姐	(風采中學(教育評議會主辦))

此外，蒙課程發展議會-香港考試及評核局化學科委員會(高中)委員、香港考試及評核局李德文博士給予大力支持，協助審閱本資源冊的探究活動，為香港中學文憑化學科校本評核的探究研習部分提供一系列的示例。本組謹在此深致謝忱。

教育局科學教育組
2009



教師指引



概論

新高中化學課程撥出二十小時的教學時間來實施探究研習，目的是為學生提供學習機會，讓學生設計和進行探究，以解決與化學相關的真實問題。參與探究研習後，學生會對所研究的科學主題有深入認識、明白科學家怎樣研究自然界，同時亦掌握探究的能力並習慣以科學角度思考。此外，探究研習亦讓學生培育溝通能力、創作能力、協作能力、批判性思考能力、解決問題能力、運用資訊科技能力、時間管理能力等等。若計畫周詳，學生在完成探究後會得到成功感和滿足感，並提升自信心。

探究研習通常涉及以下階段：

- (a) 認明相關資料、訂立研習題目；
- (b) 規畫探究、選擇儀器和資源；
- (c) 進行探究；
- (d) 組織和分析資料、基於所得證據作出結論；
- (e) 簡報探究結果。

建議的活動程序可見表一（頁9）。為了讓學生明白每個探究研習階段，這資料冊備有一套學生指引。教師可於每個探究研習階段開始時，提醒學生要注意的學習重點，以免學生同時面對過多的資訊。教師可以為學生提供引導問題和一套記錄表，引導學生思考進行探究時必須注意的範疇，但不要為學生提供所有探究的詳情。以下是一些供教師實施探究研習的參考資料。

選擇探究題目

對學生而言，選擇探究題目是很有挑戰性的工作。有些學生希望可以自訂題目，但有些卻喜歡遵從老師訂立的題目。有些學生會浪費大量時間選擇題目，但最終卻選不到一個有意義及可行的探究題目。為幫助學生選擇探究題目，以下提供一些曾在中學測試的探究示例，各示例代表了不同類型的化學探究。

- 自製酸鹼指示劑（提取一種物質，並測試其用途）
- 零食的鹽分（測定一種物質的分量）
- 怎樣令它變熱？（製作一個裝置，並測試其效能）

一個好的探究應該在起始部分或最少要有其中一部分，包括一個能夠引發好奇心或激發奇想的部分。上述的探究強調解決日常生活中的真實問題，適合一般程度的學生的使用。探究旨在鼓勵學生利用知識和技能來解決有意義的問題。使用真實樣本分析的探究往往能鼓勵學生完成有關實驗。

學生可以使用學校化學實驗室常見的簡單儀器，安全地進行探究。學生應該可從參考書或互聯網上，找到相關的實驗背景資料和詳情。學生更可以採用不同實驗方法及樣本來解決問題，令探究形式更多樣化。教師可以讓學生直接採用本指引提供的學生工作紙，亦可因應學生的需要來調節探究的難度和複雜程度。教師亦可自備學生工作紙，以作為探究研習的學習綱要。

另外，教師可參考附有題目簡介的「化學科合用的探究課題」。有些題目是根據近期一些生活話題來訂立的，另一些則是以往《香港中學化學奧林匹克》專題計畫的簡化版本。這些專題計畫探究真實問題的解決方法，可以引起學生對學習及參與科學探究的好奇心。教師不宜要求學生重複整個比賽的專題計畫。進行探究時，學生應該集中使用同一個方法來分析2-3個樣本，而非使用不同方法來分析多個樣本。這份清單的內容並不全面，學生可以自行構思其他題目。化學探究的參考書籍眾多，可提供很多有用資訊，詳情請參閱本章有關部分。

已有知識及實驗經驗

進行探究研習前，應該為學生提供足夠的化學背景知識，以及進行探究為本化學實驗的經驗。以下是一些應著重的範疇：

- 如何分組完成探究計畫和解決問題？
- 如何選擇合適的研究題目，例如腦激盪技巧？
- 如何在不同的資料來源搜尋相關的資料？
- 如何撰寫探究計畫書，並向其他人解釋？
- 如何實行所建議的探究？
- 如何編寫實驗報告或製作海報作簡報之用？

在本課程的初期階段，可讓學生進行簡單直接的探究，以協助學生建立進行整個探究研習所需的技能。這樣，學生便可以由過往進行「食譜式」的實驗進展至這種由自己訂定問題、找尋答案的開放式探究。

監督和指引

雖然學生進行探究的自主性比普通的實驗為高，但也不能缺乏教師的監督和指引。相反，教師應該定時與各組學生討論，監察他們的進度，並在需要時給予學生建議和協助。例如，學生可能在展開探究後修改探究計畫。教師須提醒學生在開始探究前應小心策畫，並緊密監督學生的工作。除了要求學生設計實驗步驟，教師亦可要求學生設計一個記錄數據表。這樣，教師便能確保學生清楚了解進行實驗時須做些甚麼。

教師可向學生提問，加深學生的理解，引導他們清晰表達自己的意見，以及啓發多方面思考。要了解學生的進程，教師除了要求學生遞交例如計畫書、工作紙等書面資料和觀察學生的活動，亦可要求學生作口述簡報、在網上論壇分享意念、或用概念圖表達構思。

每個學生應付挑戰的能力都不同，所需的協助及指導也不同。教師應照顧不同能力的學生，多協助進度較慢的學生，多指導能力稍遜的學生；至於能力較高的學生，則可以給他們較富挑戰性的任務。例如，教師可調節發放的指示及資料的多少，比如學生工作紙內的探究所需的物料和儀器。若進度較慢的學生的表現有所改善，教師應逐漸調節角色，由主動參與學生的學習進程，轉為讓學生更獨立地學習。

此外，教師應視探究研習為一個學習過程，而非只是完成一份精美的報告或一件產品。教師可調較活動的規模、性質和要求，以照顧不同能力的學生。對於能力稍遜的學生，教師可把複雜的探究分為幾個簡單的部分；至於能力較高的學生，教師可以提高科學探究的要求，例如要求學生提供多些背景資料、加入更多變項及搜集多些數據、或採用較精密的儀器或技巧。

我們應視學生多樣性為學生可互相支持的機會，尤其在學生共同完成學習課業時最能體現這好處。教師可把不同能力的學生組合起來，讓能力較高或能力稍遜的學生可以互相分享知識。

課堂時間的運用

課程會撥出部分時間來實施探究研習。假設每星期有四節課（即兩個雙連教節），每節四十分鐘（2.67小時/星期），分配作探究研習的二十小時便會需要7.5星期，詳情見下表。此安排不會影響學校上課的時間表。

日	一	二	三	四	五	六
	1	2 (a)	3	4 (a)	5	6
7	8	9 (b)	10	11 (b)	12	13
14	15	16 (b)	17	18	19	20
21	22	23 (c)	24	25 (c)	26	27
28	29	30 (c)	31			
				1 (c)	2	3
4	5	6 (c)	7	8 (d)	9	10
11	12	13 (d)	14	15 (e)	16	17
18	19	20 (e)	21	22 (e)	23	24

註：每節80分鐘；(a)-(e)是指「概論」部分所列的探究研習階段。

另外，探究研習亦可在中五期終試後實施，預計需時兩星期。這種進行模式可保持學生的學習動力，令研習在較短時間內完成。但是，其他科目可能在同一時期實施類似研習，所以應和其他科目互相協調。學校主要假期前後的時間亦可作考慮，例如復活節。

日	一	二	三	四	五	六
	1	2 (a)	3	4 (b)	5	6
7	8 (c)	9 (c)	10 (d)	11	12 (e)	13

註：每節3 - 4小時

教師應該靈活調節每個階段的時間。有些學生較喜歡投放多些時間在進行實驗或嘗試實驗上，但放較少時間於做資料搜集或撰寫計畫書。探究開始前應給予實驗室技術員充裕時間準備所需物料，或方便學生購買所需物料。部分探究可能需要連續進行，例如需要三小時，而非八十分鐘。在此情況下，可把實驗環節安排在學校假期或考試後進行。教師可彈性調節時間表，以更有效地使用所分配的課堂時間。

評估

持續評估學生的學習過程，有助教師了解學生進行探究研習的進度，決定何時進入另一研習階段、何時需要返回前一階段，以及何時要為學生提供鷹架以助理解。教師應在探究研習中觀察學生的實驗操作技巧，或與學生面談或進行會議，以了解學生的進度，並就如何改善探究作出回饋。學生的實驗報告可更全面反映學生對實驗所涉及的化學概念和原理的理解，以及他們處理和闡釋探究所得數據的能力。

教師為學生評核分數時，可能會考慮小組的工作量。針對這個問題，我們已預先準備好一套表格和工作紙，以促進探究研習的學習和評估。首先，工作紙啟發學生思考須注意事項，並可作為探究的正式紀錄。第二，可減少學生匯報時的工作量：小組可毋須撰寫詳細報告，取而代之，每組只需遞交一份完成的工作紙或簡報作評估。此外，教師可能要求學生用海報或單張總結探究結果，並派發給其他同學，作為分享。

我們已預先準備好一份樣本評核表格，方便教師參考。評核探究研習時，可針對設計、過程和報告三個範疇評分。在每個範疇下，有預設的建議評估準則。當然，教師亦可自訂一套評核準則並決定每個準則的比重。這些準則只是用作說明，教師可使用其他可反映探究研習重點的準則。為了讓學生了解教師的期望，教師可在探究研習開始前告知學生評核準則。教師應該運用專業判斷，為學生在探究研習的整體表現作出回饋。

小組探究對學生學習有莫大益處，特別在培養學生的協作能力。教師可能會關注如何才能公平地為每個學生評分。「自我及同儕評估表」可讓學生就每個組員為小組作出的相對貢獻，提出自己的看法。這樣，教師便有較多評分資料，再加上每個探究階段的觀察，就能根據小組的分數調整每個學生的個人得分。

表一：化學探究研習－學與教活動建議程序

階段	建議活動
(a) 搜尋並界定探究題目 (~3小時) 地點：電腦室或多媒體學習中心	- 為誘發學生對科學探究的興趣，教師可提供有關科學發現及科學家的故事、新聞或電視節目內的相關議題等。 - 教師向學生簡介探究研習的理念、進程和要求，並介紹探究題目；指出學生工作紙的重點，特別是風險評估；如有需要，可講解一些互聯網的基本搜尋技巧。 - 教師安排學生分組，收集有關資料。 - 建議在設有電腦和上網系統的電腦室/多媒體學習中心或實驗室進行，方便學生在教師簡介後搜集資料。
(b) 訂定探究計畫 (~4小時) 地點：電腦室或多媒體學習中心	- 教師和每組學生輪流討論小組草擬的計畫，並給予回饋。教師亦可選擇要求學生口述小組的計畫。有些教師可能不會選擇後者，以避免學生抄襲其他組別的構思。 - 教師鼓勵學生思考應注意的地方，例如計畫的可行性、工作分配、時間管理等。 - 教師要求學生準時遞交計畫書修訂版本，以便實驗室技術員預備所需的儀器和物料。 - 學生購買探究所需的樣本和其他物料。
(c) 進行探究 (~6小時) 地點：化學實驗室	- 學生進行探究前，教師先請實驗室技術員試驗一些主要實驗，並準備所需的化學品及儀器。 - 教師請實驗室技術員幫忙，預備已批准的學生計畫書內要求的物料和儀器，以及一些實驗室常用的儀器，例如試管、滴管、燒杯；進行探究期間，教師亦可向學生提供其他所需物料。 - 教師協助學生重溫/學習所需的實驗技巧；促使學生進行已計畫的實驗；向學生提供協助、指導及鼓勵。 - 教師監督學生安全進行探究，並觀察小組（每組3-5人）的表現。請實驗室技術員協助監察學生。 - 教師鼓勵學生思考他們在量度和觀察的項目；進行實驗時，協助學生矯正錯誤。

階段	建議活動
(d)組織和分析數據，作出合理結論 (~4小時) 地點：電腦室或多媒體學習中心	• 教師協助學生重溫組織和分析數據的基本技巧。 • 教師向學生簡介匯報要求。 • 教師引導學生組織和分析收集的數據；和輪流與各組討論，以了解他們的進度。
(e)以文字、海報或其他形式，簡報探究結果 (~3小時) 地點：電腦室、多媒體學習中心或化學實驗室	• 給予學生時間，為簡報作最後準備。 • 教師安排各組在課堂內作10-15分鐘簡報。 • 如有需要，請實驗室技術員拍攝簡報過程。 • 教師及其他學生聆聽簡報。 • 教師提問有關探究的內容，並鼓勵其他學生提問，例如，若有其他組別使用類似探究方法，可比較並解釋結果差異。 • 教師總結全班同學在探究研習的表現。 • 教師要求學生完成「自我及同儕評估表」、遞交報告書和簡報檔案等。 • 教師根據收集的資料及平時的觀察，評核每個學生的表現。教師完成「教師評核表」。



參考書目：

1. 陳潤杰 (2002) 《漫遊生活的化學》 香港：香港教育圖書公司。
2. 任長松 (2003) 《走向新課程—面向21世紀基礎教育課程改革》 香港：中文大學出版社。
3. 侯傑泰 (2004) 《專題研究手冊初級版》 香港:朗文。
4. 侯傑泰 (2004) 《專題研究手冊進階版》 香港:朗文。
5. 香港中學化學奧林匹克： <http://resources.edb.gov.hk/~science/hkcho>。
6. American Chemical Society. (1998). *Chemical Activities*. American Chemical Society.
7. Borgford, C.L. & Summerlin, L.R. (1988). *Chemical Activities (Teacher Edition)*. Washington: American Chemical Society.
8. Cheung, D. (2006). *Inquiry-based Laboratory Work in Chemistry*.
9. Colburn, A. (2004). Inquiry scientists want to know. *Educational Leadership*. 62, p.63-66.
10. Davis, K. (1990). *In Search of Solutions*. London: The Royal Society of Chemistry.
(free download of the complete publication at <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/solutions.htm>)
11. Education and Manpower Bureau. (2005). *Exemplars of Learning and Teaching Activities for Sixth Form Chemistry*. Hong Kong: Government Logistics Department
12. Lechtanski, V.L. (2000). *Inquiry-based Experiments in Chemistry*. New York: Oxford University Press.
13. O'Driscoll, C., Eccles, H. & Reed, N. (1995). *In Search of More Solutions*. Cambridge, U.K.: The Royal Society of Chemistry.
14. SALTERS ADVANCED CHEMISTRY - Individual Investigation Resource Sheets:
<http://www.york.ac.uk/org/seg/salters/chemistry/ResourceSheets/rsindex.html>
15. Wright, A. W. (2001). The ABCs of Assessment — Aligning assessment with instruction. *The Science Teacher*. October. p.60-64.



學生手冊



何謂「探究研習」？

探究研習旨在為你提供學習機會，讓你設計和進行探究，以解決真實問題。與平時的實驗相比，你有較大自由度。透過探索自然界，你有機會體驗科學家產生新資訊的方式，並根據你們的成果，作出解釋。那麼，你便會明白到科學不只是「找出正確答案」，而是根據自己的判斷準則，找出「最好」的答案。此外，探究研習讓你和其他同學合作，以3-5人為單位，協力展示你們的探究工作得到甚麼成果。

你和組員大約有20小時的課堂時間進行探究研習。探究研習通常包括以下階段：

- (a) 搜尋並界定探究的題目（約3小時）
- (b) 訂定一個探究計畫（約4小時）
- (c) 進行探究（約6小時）
- (d) 組織和分析數據，作出合理的結論（約4小時）
- (e) 以文字、海報或其他形式，簡報探究的結果（約3小時）

你應該運用自己的化學知識、對化學的理解及各種共通能力（包括創作能力、批判性思考能力、溝通能力、解決問題能力等），分組進行以實驗為本的探究研習。透過此學習過程，可以增進你的實驗技能，並培養你對實驗工作安全的關注。

你會學習到甚麼？

你能學到多少，視乎你的參與程度。參與探究研習後，你會對所研究的科學主題有深入認識、明白科學家怎樣研究自然界，同時亦掌握探究的能力，並習慣以科學角度思考。研習以小組形式進行，你應該和其他同學分工合作、集合大家的資料、一起思考、多聆聽、多作正面批評，同時接受有建設性的批評。你可以用電郵和網上論壇與老師和組員討論。

完成探究研習後，你應該可以：

- 論證探究計畫是否合適；
- 提供建議以增強科學探究的效度和信度；
- 使用準確的術語和合適的報告形式，交流科學探究發現和結論；
- 根據探究的過程及所收集的數據和資料，評鑑結論的效度；
- 掌握操作技能和觀察技能，以及良好的實驗室技巧；
- 關注實驗室和其他地方的工作安全；
- 積極參與小組活動，主動分享意見。

資訊搜尋

你可以在互聯網或圖書館的書籍和期刊搜尋資訊。互聯網提供課本以外最新和真實資訊，有助你理解概念、獲取知識、觀察和探索學校以外的世界。搜尋資訊可能會花費不少的時間，所以在擴闊或收窄搜尋範圍時最好選用合適的關鍵字。你可以善用學生工作紙上的指引。若找到有用的資訊，要先確保資訊是可靠和最新。

你應把參考資料中有助內容記在資料搜集記錄表上⁴，例如書名、相關頁數、作者、出版年份等，方便稍後報告結果時作參考，或支持你的論點。很多網絡瀏覽器都有把網頁加入「我的最愛」的功能。你亦可以把網頁上有用的資訊列印出來，或把網址複製到文件上。

訂立探究計畫

若能詳細計畫探究，那麼你可完成探究研習，你應該可以得到成功感和滿足感，並增強自信心，以及可以體驗化學家的探究工作。教師分發給學生的計畫書⁴和指引問題可幫助你訂立探究計畫。訂立計畫時，你應考慮以下各點：

- 你想探究甚麼？是否值得探究？你已知道甚麼？你需要甚麼新資訊？
- 你對甚麼題目有興趣？你能否在有限的時間和資源下解答你探究的問題？
- 你會用甚麼方法？你可以用已確立的方法來探究新題目，或應用新方法來探究一些已確立的題目。
- 你能否把探究組織成一組實驗？
- 你會分析多少個樣本？
- 你會進行多少個實驗？每次實驗需時多久？你有沒有足夠時間完成所有實驗？
- 你和組員會如何分配工作？
- 你會怎樣記錄和組織所得的數據和觀察？
- 你需要甚麼化學品和儀器？它們是否容易取得？使用時它們是否安全？你懂得使用這些儀器嗎？
- 你需要多少種化學品？請注意，你獲供應的化學品是有限的。
- 要採取甚麼安全措施？應該如何恰當地棄置用過的化學品？實驗前應該進行風險評估，詳情請見下一節。
- 你會觀察和測試甚麼？
- 你會怎樣控制變項？例如，你要探究電解質的性質如何影響化學電池的電壓，你應考慮如何保持其他條件例如溫度不變。

開始訂立計畫時，你可以構思不同的意念和題目，討論工作紙的問題，並盡量列出不同方法。你和組員可以每人選擇一個方法，並以筆記形式記錄下來，再討論每個方法的優點和缺點。討論時要考慮的因素包括方法的準確度、效度和信度。然後根據實驗室已有的器材和你的時間限制，選擇你認為最好的方法。你可以用概念圖或流程圖組織構思，然後在計畫書寫下你的構思和草稿。你亦可以用文字處理器製作計畫書。請先為計畫書備份，作為紀錄。老師稍後會輪流和各組同學討論，討論內容可參考會見老師記錄表。

你可以一邊訂立探究題目，一邊修改計畫書，但必須在展開探究前謹慎計畫，以確保能夠在預訂時間內完成實驗。完成計畫書後，必須先得到老師批准，才能開始進行實驗。如果想修改實驗，你一定要先和老師討論，不正確的修訂可令實驗出現意外。

風險評估

準備計畫書時應該考慮安全問題，以減低令自己或他人受傷的風險。風險評估是探究計畫的其中一環，進行探究前應該先由你的老師檢查所有風險評估項目，你亦應慎思實驗能否安全地進行。

風險評估能有系統地鑑定一項活動的危險、評估可能造成危害的機會，並決定採取甚麼預防措施來控制這些風險。你亦應預先準備相關的緊急步驟。

以下是進行科學實驗的風險評估步驟：

1. 認明危險（物質、步驟或儀器）。
2. 評估發生危險的風險的程度。
3. 訂定控制措施，把風險降低至可接受水平，例如減少物質的份量、選用濃度較低的溶液或較為安全的化學品、調低電壓、使用煙櫥、佩戴個人防護裝備等。
4. 決定如何安全棄置危險殘餘物。

關於化學品的安全資訊，例如物料安全資料表（MSDS），可於下列網站找到：

- http://www.cityu.edu.hk/flc/msds_2_1.pdf
- <http://www.ilpi.com/msds/#Government>
- <http://msdssearch.com>

- <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc>
- <http://www.hhmi.org/research/labsafe/overview.html>

完成風險評估表⁴後，請先交給老師批改，然後才展開探究。

進行探究

你希望測試的構思和項目可能很多，所以應該有效地運用分配的時間，並和組員分工合作。能夠獨自完成的任務則毋須和組員分工；但進行滴定實驗一類工作時，則可以和組員輪流進行。

進行大型探究前，可先用小試管或微型儀器做幾次小規模測試，此舉能避免出現化學品短缺或浪費的情況。進行實驗前，應該先採取風險評估內的安全措施，以確保自己和他人的安全。另外，你亦應遵守一般實驗室的安全措施。切記，任何時候都不應該忽略正在進行的實驗。如出現任何奇怪或不安全的情況，應立即向老師或實驗室技術員匯報。

進行探究時要細心觀察。充分的觀察和測試能減少誤差，使所得的證據更可靠。進行實驗時要把所有結果和觀察記錄下來，因為實驗後你未必會記得所有細節。除了可以把實驗結果記錄在觀察及量度數據記錄表⁴上，你亦可拍攝數碼相片記錄結果以及實驗裝置。若你使用數據記錄器和傳感器記錄數據，你得確保數據已安全儲存起來。

你需要定時評鑑工作的進展是否和計畫一致，所以你應該一邊進行實驗一邊分析結果，不宜留待完成所有工作後才作結果分析。你應不時與組員和老師詳細討論，有需要的話就修改原本的計畫。老師和實驗室技術員很樂意給你援助和指導。

若實驗失敗或得不到預期的結果，不要氣餒，這是一個測試你解決難題的毅力的機會。很多重要的科學發現都是因科學家獲取一些「意料之外」的結果。此外，幾乎沒有任何探究在第一次就取得成功。最重要的是，你能用你的化學知識來解釋這些結果。

組織和分析數據

你需要組織和分析所得的數據或資訊、評估這些實驗數據的信度和質素、以及評鑑你選用的實驗方法及其限制。你要選用一套能夠支持你的論點的數據。如有需要，可用表格、標示圖、繪圖或相片來展示你的結果。你要探討的問題如下：

- 你作出某些變動之後，會有甚麼影響？為甚麼？
- 所得的結果和你預測的是否一致？
- 有沒有一些不尋常的讀數？為甚麼會出現這種情況？
- 有哪些主要誤差？可以怎樣改善？
- 你的結果和其他探究類似題目的組別的結果有甚麼異同？
- 接下來，你可以做甚麼？
- 你可以從這些數據得到甚麼結論？

除了用紙筆組織數據（數據分析記錄表⁴），你亦可以用電腦應用軟件來提升你的效率，例如你可以用電子試算表作重複計算和繪圖，用文字處理軟件來預備計畫書和報告，而簡報軟件則能協助你組織構念，幫你更有系統地演示成果。每位組員可負責草擬不同部分的工作，並列印出來，有助之後再作修改和深入討論。

探究匯報

經過一番努力後，來到探究研習的最後階段。你可以運用收集所得的數據，用科學方法來證實你的結論。至於匯報的方式，老師將會為你提供意見。

一般來說，每組需要遞交一份報告書作為評核及記錄之用。此外，以口頭報告形式匯報你的結果亦能讓老師和同學分享你的成果。用作匯報的書面報告應該約有十頁A4紙，報告內每頁須標明頁碼。如果沒有充裕時間準備書面報告，你亦可以遞交已完成的工作紙/表格和簡報檔案作為你的探究報告。

匯報時，你可以參考以下各點：

- 清晰描述你探究甚麼及相關的化學理論；
- 詳細介紹你採用的方法，描述你做過甚麼，並清晰以標示圖，說明所用的實驗儀器和物料；
- 實驗的步驟和安全措施；
- 探究時遇到的困難；如何修改計畫以解決問題；

- 以表格形式總結你的結果，如有需要，亦可使用圖表或繪圖輔助；
- 數據整理，包括計算步驟；
- 評論所得的結果；
- 出現的誤差，及建議改善方法；
- 探究的結論；
- 參考資料；
- 組員分工情況；
- 反思你在探究研習中學到甚麼。

每組約有十至十五分鐘匯報時間，每位成員都有機會向老師和同學介紹探究結果。你可能是第一次當著全班同學簡報，但你可以利用這個機會練習溝通技巧。匯報時你應注意下列各項：

- 熟習簡報內容，有助觀眾理解你的探究重點。
- 可多討論上述要點，屬簡單事實的內容只需簡要交代。
- 簡報前，先遞交一份數據分析的書面概要，這樣有助老師理解你的簡報內容。
- 觀眾可能會提出有關探究結果的問題，你要預先作好準備；你的答案會反映你對結果和背後的化學原理的理解。
- 要使用正確的量度單位和術語。
- 在簡報檔案內避免使用太多文字，字型不宜太小；可用不同顏色的醒目提示標示重點，以便簡報；文字的颜色和背景應有適當的對比。
- 為方便理解，你可用圖表形式總結數據。
- 講解時，可用激光指示器或滑鼠游標，向觀眾指示你講解的部分；播放幻燈片的速度要適中，觀眾才有足夠時間閱讀內容。
- 簡報時，不要站在幻燈片前，以免遮擋觀眾視線。
- 簡報時，不要背對觀眾，要和觀眾保持眼神接觸，說話聲量要大，讓所有人聽到你的講解。
- 簡報前，先檢查所需的軟件和視聽器材。
- 其他組別簡報探究結果時，要專心聆聽，向其他同學學習。適當發問，可更了解其他組別的探究。

評估

評估是十分重要的，評估能為你提供你在知識、技能和理解各方面的進度資料，亦讓你認清自己的強項和弱點。在合適的情況下，老師會使用不同的評核方法，例如觀察、提問、口述簡報、海報演示課節和批改書寫功課（探究計畫、報告、海報等）。

經過評估老師亦可知道下一探究階段應該強調甚麼。你可向老師（教師評核表）、同學和自己（自我及同儕評估表⁴）收集有關資料。評估探究研習表現時，會考慮以下的準則：

- 計畫的可行性（研習題目是否容易研究）；
- 了解相關的化學概念及關注安全問題；
- 操作技能和一般實驗室技巧；
- 解決問題的能力；
- 以合適步驟收集和記錄數據，處理導致誤差的方法；
- 分析和闡釋直接從探究所得的數據的能力；
- 評鑑探究過程及其結果的信度及效度的能力；
- 與老師和同學交流的能力，及向他們辯証研究結果的能力；
- 適當地運用參考資料來支持你的探究方法和結果；
- 對探究所持的態度。



化學的探究研習示例



碳酸鹽火箭

學生工作紙

目的

測定最佳的玩具火箭推進劑。

簡介

你是一家玩具公司的研究及發展部的產品設計師。其中一種產品是氣體推進火箭，只要把水和一顆泡騰片放入火箭底部，兩種成分就會產生化學反應，釋放出氣體，氣體的壓力不斷累積，最後火箭脫離底部，向上發射。

最近，有顧客投訴火箭上升時可達的高度太低。你的上司要求你利用家居用品製作一種較佳的玩具火箭推進劑。



圖一：玩具火箭

指引

1. 搜集關於水和泡騰片的化學反應的資料。甚麼化學品引起這個反應？產生的是甚麼化學反應？釋放的氣體是甚麼？
2. 搜尋其他可以推進玩具火箭的方法。這些方法的原理是甚麼？這些方法有甚麼不同之處？
3. 在可行的方法中，選擇一個你認為最好的，並設計一系列的步驟，以測定最佳的推進劑(例如改變化學品的類型和分量比例)。你會怎樣改變實驗條件來找出最佳的推進劑？
4. 你會使用甚麼化學品和儀器？
5. 怎樣才能準確地量度火箭飛行的距離？
6. 訂立實驗大綱，包括化學品和器材清單、步驟及安全措施。獲老師批准後，便可以開始進行探究。

安全措施

1. 避免讓皮膚和眼睛沾上酸性物質。
2. 若皮膚不慎沾上化學品，應立即用大量清水清洗。
3. 避免粉末狀的物質濺入眼睛。
4. 發射時，要和火箭保持適當距離，以保安全，並確保火箭能垂直發射。



EYE PROTECTION
MUST BE WORN
必須戴上安全眼鏡

物料和儀器

- 一個 10cm³ 量筒
- 電子天平
- 一個稱量瓶/一張紙
- 一把量尺(2m)

(如需要其他化學品和儀器，可提出要求。)

碳酸鹽火箭

教師指南

簡介

這個活動讓學生以小組形式進行探究，共同計畫實驗步驟和辨認探究的變項。實驗涉及的反應只是簡單的酸鹽基反應。活動有助學生復習內容和應用公平測試的概念。此概念是進行科學探究的基礎。此外，學生亦可以活動形式學習這個課題，而非只靠背誦。

其中一個可行的方法

1. 學生選擇合適的推進劑物質，例如發粉和醋。
2. 學生把量尺放近牆邊。
3. 學生把物料放進火箭內部，等候發射。
4. 學生記錄火箭發射時可達至的最高高度。
5. 學生應該重複實驗，以得到一致的結果。
6. 學生用不同組合、不同份量的物質，重複試驗。

課程連結

課題四 酸和鹽基

課題八 化學反應和能量

已有知識和實驗經驗

- 識別不同類型的變項（公平測試）
- 碳酸鹽和酸的反應
- 反應速率

備注

1. 教師可要求學生提早一星期計畫實驗，然後利用單課節或雙課節討論計畫。訂定計畫後，學生可在露天場地進行實驗。教師的角色是促導者，引導學生達到活動的目的。學生完成探究後，須遞交報告書。
2. 為確保安全，應盡量避免讓學生同時發射火箭。此外，不應使用腐蝕性的家用化學品，例如通渠劑。

- 教師可以利用玩具火箭來說明碳酸鹽和酸的反應及其應用。此外，教師和學生亦可以根據實驗結果和不同的實驗物料，討論影響反應速率的因素。例如，使用固體草酸和碳酸鹽作為物料時，要加水才能發射火箭；這說明水對產生可電離的離子以促使反應的重要性。
- 在市面上亦可找到一些原理相同的玩具火箭。圖二的玩具火箭在香港數理教育學會有限公司有售。利用一個有蓋的空罐亦可達到玩具火箭的效果，例如維生素C泡騰片的包裝罐或菲林筒。



圖二：玩具火箭

樣本數據和計算

有效成份的組合	0.86g發粉和 8cm ³ 醋	1g發粉和 8cm ³ 醋	0.86g發粉和 8cm ³ 2M乙酸
最高可達至的 高度 (m)	1.37	1.95	1.14
排名	2	1	3

1. 選擇最佳物質組合的提示：

- 想知道火箭內部的體積，可以量度可注入火箭的水的體積。火箭上半部的容量是 7cm³，下半部是 10cm³，所以注入火箭的液體樣本的體積應該不多於 10cm³。
- 第一族的碳酸鹽反應過快，故不適用。
- 碳酸鈣反應太慢，亦不適用。
- 碳酸鎂是不錯的選擇，它會在酸中慢慢溶解，使火箭在大約十秒內發射。
- 可以使用濃度較高的酸或較多粉末，但未必能改善發射的強度。若加入大量粉末，粉末會佔去火箭內部的大部分空間，令可加入的酸的容量相對減少，粉末便未必能夠與酸完全反應。

2. 估計火箭發射時產生的二氧化碳的體積和壓強

由於家居用品（如發粉）的成份和濃度都是不明的，我們可以用碳酸鎂和2M乙酸的反應作估計。用1g MgCO_3 和 8cm^3 的2M乙酸作推進劑時，火箭發射時所達至的高度和用0.86g發粉和 8cm^3 的2M乙酸差不多。



乙酸的摩爾數 = $(8/1000) \times 2 = 0.016\text{mol}$

碳酸鎂的摩爾數 = $0.016/2 = 0.008\text{mol}$

所用的碳酸鎂質量 = $0.008 \times 84 = 0.672\text{ g}$

加入額外的碳酸鎂（1g）以抵銷加蓋時流失的碳酸鎂和反應物裏的雜質。

假設火箭在常溫常壓（r.t.p.）下發射，常溫常壓下的摩爾體積 = 24 dm^3 。

(a)所產生的 CO_2 的體積：

$$0.008 \times 24\text{dm}^3 = 0.192\text{dm}^3 = 192\text{cm}^3$$

(b)根據理想氣體方程，火箭形成的壓強：

$$PV = nRT$$

$$P (7/106) = 0.008 \times 8.314 \times 298$$

$$P = 2831.5\text{ kPa} = 27.94\text{atm}$$

常見的誤差

- 稱量誤差
- 粉末未能在酸性物質中完全反應
- 量度發射高度的誤差

參考資料

- 兒童科學第7期 2005 匯識教育
- <http://pbskids.org/zoom/activities/sci/lemonjuicerockets.html>



從礦石中提取銅

學生工作紙

目的

在一個指定的礦石樣本中提取銅。

簡介

你是一位化學家，和其他化學家在一家採礦公司工作。你們要分析一個重約5g的銅礦樣本；相信此礦石含有 CuCO_3 和 Cu(OH)_2 的混合物，兩種物質都不溶於水。你和組員要設計一個合乎成本效益的方法來提取礦石樣本中的銅，並進行實驗以收集數據證明你的方法可行。你和組員會得到5%利潤作為花紅。

指引

1. 哪類反應會得到預期結果？需要多少步驟才能得到這個結果？
2. 怎樣把產物從多餘的試劑中分隔出來？
3. 用平衡化學反應式和流程圖（如有需要）來說明你的構思。
4. 以大綱形式列出你的方法，並遞交給老師，獲批准後才可開始進行提取實驗。
5. 完成提取後，計算你採用的方法的提取效率（ $= \frac{\text{提取所得的銅的質量}}{\text{礦石樣本的質量}} \times 100\%$ ）。
6. 根據以下的資料，計算你的方法所需的成本。

稀硫酸（2M），1 L	\$ 4.0
稀氫氯酸（1M），1 L	\$ 4.8
鋅粉，100 g	\$17.0
炭粉，100 g	\$12.0
鎂帶，100 g	\$120.0

一台實驗室本生燈在氣掣完全開啓的情況下，每秒耗用1.33kJ煤氣。煤氣的費用：

\$0.21/ MJ（資料來源：香港中華煤氣有限公司2006）。電的費用：\$1.265 / kWh

（資料來源：香港電燈集團有限公司2006）。

7. 比較其他組別的方法，並找出哪個方法成本效益最高。

安全措施

小心熱的物件。



EYE PROTECTION
MUST BE WORN
必須戴上安全眼鏡

物料和儀器

- 稀硫酸



IRRITANT 刺激性

- 稀氫氯酸

- 鋅粉



FLAMMABLE 易 燃

- 鎂帶
- 電子天平
- 烘爐
- 250cm³ 燒杯
- 濾紙和漏斗
- 去離子水
- 坩堝
- 鉗
- 玻璃棒
- 刮勺
- 量筒
- 炭粉
- 石墨電極
- 直流電源

(你未必需要以上所有物品；如需要其他化學品和儀器，可提出要求。)

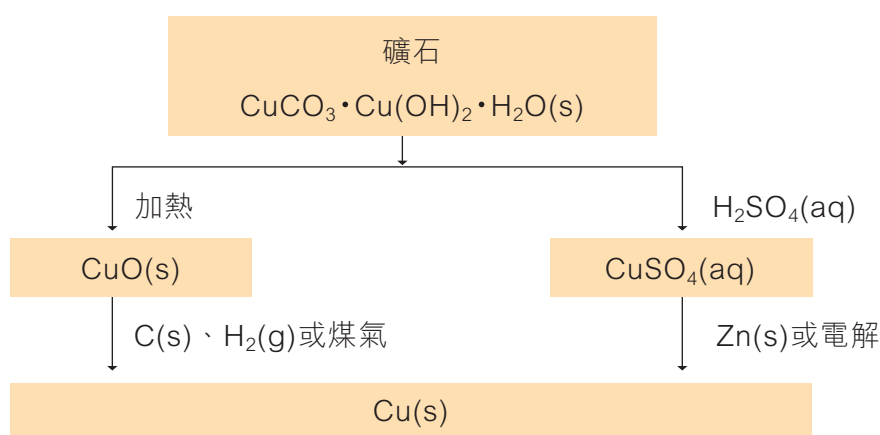
從礦石中提取銅

教師指南

簡介

這個活動除了可以讓學生發展科學探究的能力外，還幫助學生鞏固中四學習的相關概念。學生亦可以從活動中學到解決問題的方法往往不只一個，一些組別可以用碳還原反應的方法，另一些組別則可以用置換反應，學生可以比較這兩種方法的效率。

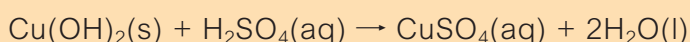
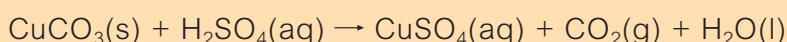
可行的方法

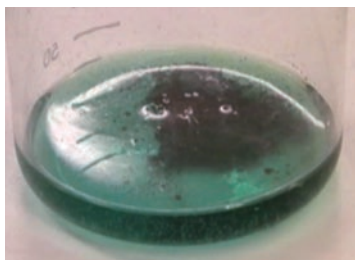


1. 在稀酸中溶解，再與鋅進行置換反應

把2g的礦石樣本溶解在過量(20cm³)的2M硫酸中，形成藍色的溶液。然後加入過量(~1g)的鋅粉，以置換溶液內所有銅離子。亦可以使用鋅粒，但需數小時才能置換所有銅。根據硫酸的用量，可以估計所需的鋅質量。反應過程中會釋放熱能。藍色的溶液會漸漸變淡，最後變成透明，並形成褐色的固體(見圖一及圖二)。可繼續加入少量的2M硫酸，以溶解未反應的鋅，但硫酸並不會與銅反應。當氫氣停止產生時，代表所有鋅金屬已完全反應。過濾混合物，用蒸餾水清洗在漏斗中的銅(見圖三)，然後把已過濾的銅放進50°C的烘爐烘乾。

涉及的反應：





圖一



圖二



圖三

2. 碳還原反應

把2g礦石樣本和2刮勺的炭粉放進坩堝，然後混合。在混合物上蓋上一層炭粉。把坩堝放在三腳架和管土三角上，用高溫加熱約10分鐘(見圖四)。用鉗把坩堝的粉末傾倒入一個盛了半杯水的燒杯，這樣避免銅再次氧化，但必須小心處理此步驟。炭可用傾析法隔出來，即是透過旋轉燒杯，把較重的銅沉積到燒杯的底部，然後把水和炭傾倒出來。可再加入更多水，並重複整個程序(見圖五)。最後把銅放入50°C的烘爐烘乾(見圖六)。



圖四：高溫加熱後的反應混合物



圖五



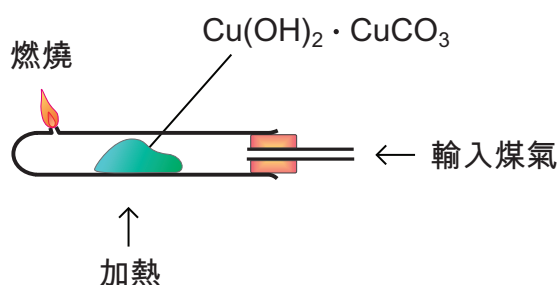
圖六：生成物

涉及的反應：



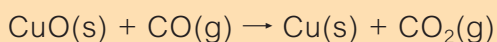
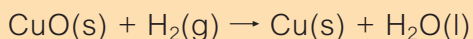
3. 用煤氣還原

對學生來說，把銅從產物混合物內剩餘的碳中分隔出來的過程可能比較冗長乏味，產量也較低。取而代之，學生可以把礦石樣本放在一個閉口處有一個小孔的硬玻璃大試管裏加熱，直至形成銅氧化物，然後輸入煤氣，同時加熱，以還原銅氧化物（如下圖的裝置）。完成還原程序後，要一直輸入煤氣，直至大試管冷卻，以免銅再次被氧化。



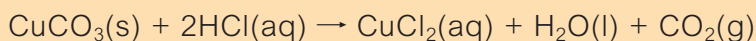
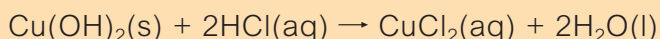
煤氣的成分一般包括51%氫、15%一氧化碳、21%甲烷、10%二氧化碳和氮，以及大約3%其他烷。

涉及的反應：

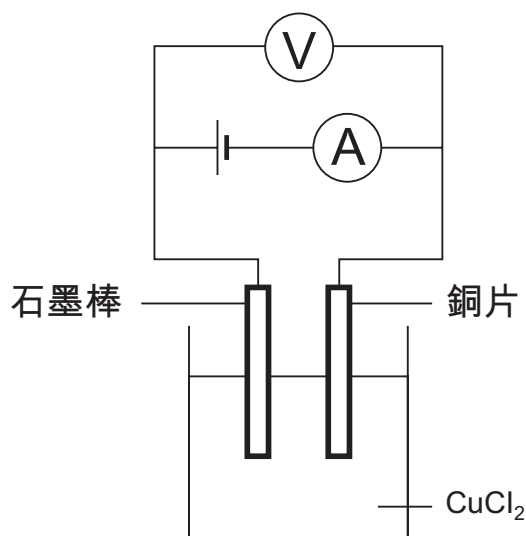


4. 電解

把2g礦石樣本完全溶解於 90cm³ 的1M HCl(aq)中，取得CuCl₂溶液。



用CuCl₂溶液作為電解質；稱量一片銅帶，作為陰極。如下圖裝置進行電解。經過一小時的反應後，雖然電解質的顏色轉淡，但電解質中的銅(II)離子還未完全被還原。已還原的銅不會牢牢附在銅電極上，而會脫落在電解質裏。所以，要用過濾法把已還原的銅分隔出來。



課程連結

課題三 金屬

課題四 酸和鹽酸

課題七 氧化還原反應、化學電池和電解

已有知識和實驗經驗

- 金屬的反應
- 酸和鹽基的反應
- 氧化還原反應和電解

備注

1. 學生不應一次過試驗所有樣本，應該先用一小部分樣本試驗，看看建議的方法是否可行。
2. 在烘爐烘乾產物後，可能因為銅再次氧化，銅的顏色會比烘焗前深色。所以，要避免把銅放在烘爐烘太久。
3. 化學品供應商提供的鹽基式碳酸銅(II) ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$) 可作為「銅礦」。若「銅礦」樣本含有沙，利用還原氧化銅(II)的方法所得的產物便會含有沙。
4. 由於化學品和器材清單可能會為學生提供太多解決問題的提示，教師可以考慮刪去部分資料。另外，針對能力較高的學生，教師可以加入一些無關的資料，以分散其注意力。

樣本數據和計算

1. 提取效率

$$\text{提取效率} = \frac{\text{提取所得的銅的質量}}{\text{礱石樣本的質量}} \times 100\%$$

方法	所用的銅礦的質量/ g	所得的銅的質量/ g	提取效率/ %
置換反應	2	1.11	55.5
碳還原反應	2	0.66	33.0
用煤氣還原	2	1.10	55.0
電解	2	0.23	11.5

盛載鹽基式碳酸銅(II)的瓶上有關含量的資料顯示，樣本的含銅量有64%。這項數據可用來計算可提取的銅的理論質量。

碳還原反應的效率較低，因為進行傾析法時會流失一些銅粉。比較以上的還原方法，用煤氣還原銅最佳，因為時間較短、產量效高，而且燃料的價格亦合理。

2. 用煤氣還原

根據香港中華煤氣有限公司於2006年4月20日提供的數據，實驗室的本生燈的氣掣完全開啓時，每秒會耗用1.33 kJ煤氣。在這探究中，本生燈在完全開啓氣掣的情況下加熱樣本，需時2分鐘。此外，本生燈在氣掣半開的情況下把煤氣輸入大試管，以還原銅和冷卻裝置，共需時4分鐘。

實驗時使用的煤氣：[1.33 kJ × 120] + [(1.33 kJ / 2) × 240] = 319.2 kJ

煤氣的費用：\$0.21 / MJ

實驗時使用煤氣所需的成本：\$0.21 × (319.2 / 1000) = \$0.07

3. 電解

需時：1hr

電壓：2V

電流：0.2 A (在整個實驗中保持不變)

耗用的電力： $(2 \times 0.2) / 1000 \text{ kWh} = 0.0004 \text{ kWh}$

電的費用：\$1.265 / kWh (資料來源：香港電燈集團有限公司，2006年4月20日)

實驗時的用電成本： $\$1.265 \times 0.0004 = \0.0005

1M HCl的成本：\$4.8 / L (於2004年購買)

實驗時所需的HCl成本： $\$4.8 \times (90/1000) = \0.43

常見的誤差

- 有些學生可能會一次過使用所有樣本。
- 沒有把過量的鋅從產物中分隔出來。
- 所用的試劑的相對份量不正確。
- 提取得來的銅被再次氧化。

參考資料

- Davies, K. (1990). *In Search of Solutions*. London: Royal Society of Chemistry.
- Osborne, C. & Johnston, J. (2000). *Classic Chemistry Experiments*. Cambridge, U.K.: The Royal Society of Chemistry.
- <http://www.chemguide.co.uk/inorganic/extraction/copper.html>



化學電池

學生工作紙

目的

製作並測試化學電池。

簡介

在化學電池中，化學能轉換為電能。而電子在外電路的流動正顯示在電極發生了氧化還原反應。

你是一本兒童科學雜誌的作家。由於雜誌下一期的題目是化學電池，你需負責撰寫一篇文章，教讀者利用家用化學品和物料製作化學電池，所製作的化學電池應該足以推動小型電器裝置，如電子時鐘。

指引

1. 甚麼家用化學品和物料可以作為化學電池的容器、電極和電解質？
2. 電極的性質、電極之間的距離、電解質的份量和性質會否影響化學電池的電壓或電流？
3. 你會怎樣測試你的化學電池？
4. 你的化學電池可以推動甚麼電器裝置？
5. 雜誌的文章應該提供甚麼資訊？
6. 探究前要先準備一份計畫書，獲批准後才可以開始探究。你可以用圖表和化學反應式來說明你的計畫。

安全措施

有些家用化學品可能是刺激性或腐蝕性的。準備金屬電極時，要小心鋒利的邊緣。



EYE PROTECTION
MUST BE WORN
必須戴上安全眼鏡

物料和儀器

- 2.5 V燈泡
- 萬用電表
- 配有電壓和電流傳感器的數據記錄器
- 有鱷魚夾的電線
- 沙紙
- 量筒

(如需要其他化學品和儀器，可提出要求。)

活動可讓學生設計和製作化學電池，並測試其效能。學生可以用家用物料和化學品製作化學電池。透過控制不同的變項，例如電極和電解質的物料，學生可以找出哪個組合的電池會輸出較大電壓；學生亦可串連數個化學電池來提供較大的電流以推動一個電器裝備。最後，學生應該用化學反應式、文字和圖表解釋電池所涉及的化學反應。

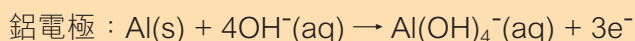
1. 學生需要識別有關探究的變項。下列是一些可供探究的變項：

- 電極大小（表面面積）的影響；
 - 金屬電極類型的影響，例如鐵、鋁、鋅；
 - 電解質類型的影響，例如濃縮檸檬汁、鮮檸檬、醋、鹽水、糖水、汽水、茶或咖啡；
 - 電解質濃度的影響；
 - 溫度的影響。
2. 要製作化學電池，可以用銅片和鎂帶作為電極、橙汁作為電解質，所產生的電壓約為2.72V，可以推動一個1.5V的時鐘。另外，可以直接把電極插入水果，例如馬鈴薯和香蕉。
 3. 依照以下的步驟，便能自製鋅碳電池。首先，混合澱粉和水，形成澱粉糊，再煮沸。然後，在澱粉糊加入充足的二氧化錳，形成一團黏稠的二氧化錳糰。把二氧化錳糰平鋪在鋅片上，再把一些浸濕了氯化銨溶液的棉花平鋪在二氧化錳糰上，接著在棉花上再鋪一層二氧化錳糰，最後，把碳片蓋在二氧化錳糰上。電池乾了之後，便能使用。
 4. 市場上亦供應乾電池套件，內有製作電池所需的物料(見圖一)。



圖一：學生乾電池套件

5. 用汽水罐的鋁片和鉛筆的「鉛芯」作為電解，以及0.1 M NaOH(aq)和1 M NaCl(aq)的混合物作為電解質，便可製作化學電池。此電池可以提供約1.46 V的電壓和約0.23 A的電流。電池可以為一個電子時鐘供電超過50小時。



6. 若要探究所製作的電池的放電情況，可以把電池的端鈕和小型電器並聯連接起來，再用電子萬用表或數據記錄器監察電池在固定時距的電壓變化。
7. 要製作化學電池，學生可以用碳棒和鋁片作為電極、漂白劑溶液作為電解質，放進一個空的小型塑膠瓶內（例如保濟丸膠瓶）。若希望產生較大電壓，可以把多個電池串聯一起，再放進一個空的菲林膠筒（見圖二至四）。



圖二：電池組由四個電池串聯組成，並裝在菲林筒裡。



圖三：電池組由九個電池組成，電壓介乎2 - 2.5 V。



圖四：部分學生為化學電池加上精美的裝飾。

8. 部分學生會用精美的圖表來說明怎樣製作化學電池（見圖五）。



圖五：用作簡報的圖表

課程連結

課題七 氧化還原反應、化學電池和電解

已有知識和實驗經驗

- 氧化還原反應
- 化學電池和電解

備注

1. 可以用家用化學品和物料製作一個電池樣本，作為示範，讓學生知道怎樣做法和改良。
2. 所製的化學電池的內電阻很大，未必足以推動小型電器。但是，一些電池可以推動小型的電動機或發光二極管。
3. 加入電解質後電壓會快速下降，所以要即時量度電壓。

參考資料

- Orange Juice Clock, Chemistry Comes Alive 3
<http://jchemed.chem.wisc.edu/jcesoft/CCA/CCA3/MAIN/OJCLOCK/PAGE2.HTM>
- <http://www.selah.k12.wa.us/SOAR/SciProj2005/KevinB.html>



自製酸鹼指示劑

學生工作紙

簡介

酸鹼指示劑是有機染料，會相應不同pH值而改變顏色。大部分指示劑均由化學反應合成的，但有些則可以輕易地用水或有機溶劑從植物原料中提取，例如紫椰菜、甜菜根、黑加侖子、黑豆等。



在不同pH泥土種植的椰菜

你是一家廢物處理公司工作。你剛收到一大批過期的家用焗爐清潔劑。你必須知道這些鹼性的清潔劑的濃度會否超越廢物處置規例的限制，才能妥善處置這些產品。可惜，你平時用來做滴定測試的酸鹼指示劑已經用完。你在冰箱發現一個紫椰菜和其他蔬菜水果，你可以在椰菜中提取植物色素作為指示劑嗎？還可採用甚麼植物原料？

任務

你和組員大約有20小時課堂時間解決上述的問題。請討論怎樣分工合作，並注意下列的事項。除了會面討論之外，你亦可以利用電郵和網上論壇與組員、老師交流意見。

1. 你可以用搜尋器(例如Yahoo或Google)、課本或參考書，搜尋可以作為酸鹼指示劑的植物原料的相關資料。請妥善保留有關資料搜集的記錄(完成資料搜集記錄表A₁)。

搜尋資料時，可以考慮下列各點：

- 何謂「酸鹼指示劑」？
- 酸鹼指示劑的化學原理是甚麼？
- 植物原料(例如紫椰菜)裏有甚麼物質適合作酸鹼指示劑？這些物質的基本化學結構是怎樣的？
- 常用的酸鹼指示劑（例如甲基橙和酚酞）在不同pH值時是甚麼顏色的？怎樣決定指示劑是否適合強鹼和弱酸的滴定？

2. 選擇了植物原料後，設計實驗步驟來找出哪種植物提取液最適合用作酸鹼指示劑。你可以用圖表或流程表來表達你的構思。把探究分為數個實驗會是較理想的做法。

設計實驗時，你可以考慮以下各點：

- 如何從植物原料提取色素？哪種溶劑適合用來溶解色素？準備指示劑時，需要多少植物原料和溶劑？
- 這些指示劑在不同pH值時是甚麼顏色的？

- 每次滴定測試需要多少指示劑？
- 焗爐清潔劑是強鹼還是弱鹼？清潔劑含有甚麼鹼性物質？過期的焗爐清潔劑的鹼濃度大約是多少？
- 滴定測試涉及甚麼化學反應？根據化學計量學，列出計算步驟。你作了甚麼假設？
- 如何測試你的指示劑是否適合滴定測試？你有甚麼準則？你預期會有甚麼顏色轉變？指示劑是否適合強鹼和強酸或強鹼和弱酸的滴定測試？
- 你會使用甚麼化學品和儀器？需要採取甚麼安全措施？怎樣棄置所產生的廢料？
- 和實驗室常用的酸鹼指示劑相比，你的指示劑有甚麼優勝和不足之處？

進行探究前，先準備一份計畫書（可用附件的計畫書表格⁴⁰），並徵詢老師的意見。

3. 進行實驗，並記錄所有觀察（完成觀察及量度數據記錄表⁴⁰）。
4. 組織及分析數據（完成數據分析記錄表⁴⁰）。報告中，請提出下列各點：
 - 探究的目的
 - 你所採用的方法背後的化學原理
 - 實驗步驟和安全措施
 - 實驗步驟作出的修改和實驗時遇到的困難
 - 以表格形式總結滴定結果
 - 數據處理，包括運算步驟
 - 評論所得的結果
 - 實驗的誤差及建議的改善方法
 - 整個探究的總結
 - 可以實行的進一步探究
 - 參考資料
 - 組員的分工
 - 反思在進行探究時學到甚麼

5. 以口述形式簡報你的探究。

安全措施

避免直接接觸化學品。若皮膚沾上化學品，應立即用大量開水清洗。避免用雙手直接接觸熱的物件。不應直接用明火加熱易燃溶劑，應該放在熱水浴內，再使用熱板加熱。



切勿進食任何用來進行實驗的植物原料。切勿使用任何含有刺激物、會引致皮膚敏感或皮膚炎的植物。有色的植物色素可能會染到雙手，處理植物原料時應戴上膠手套。處理帶刺或針的植物時，要特別小心。如有需要，可戴上合適的防護手套。使用鋒利的用具時要小心。處理植物原料後，要清洗雙手。

你要仔細評估實驗涉及的風險，並尋找相關的安全措施。有關探究時所需的化學品或產生的化學品的安全資料，可以查閱「物料安全資料表」(MSDSs)。化學廢料或多餘的物料應妥善棄置。

物料和儀器

- 0.5M氫氧化鈉溶液



- 乙醇



- 0.5M乙酸
- 0.5M氫氯酸
- pH1-12的溶液
- 蒸餾水
- 稀釋10倍的焗爐清潔劑溶液
- 常用的滴定儀器及玻璃儀器
- 微型化學儀器（膠移液管和井穴板）
- pH計（或有pH傳感器的數據記錄器）
- 砧板

(如需要其他化學品和儀器，可提出要求。)

自製酸鹼指示劑

教師指南

簡介

這探究研習旨在讓學生親身體驗在植物原料中提取有用的物質，並測試這些原料是否適合作為酸鹼滴定的指示劑。

可行的方法

是次研習可分為兩部分。第一部分是在植物原料中提取色素，並測試色素在不同pH值下的顏色；至於第二部分，則是測試這些色素是否適合作為酸鹼滴定的指示劑，並使用這些指示劑來測定一些未知物質的濃度。

學生可以利用水或乙醇在大約3個植物原料樣本中提取色素。可選擇的植物原料如下：甜菜根、黑豆、葡萄皮、櫻桃皮、藍莓皮、山竹果皮、火龍果皮、天竺葵的花瓣、玫瑰花瓣、大紅花花瓣等。亦可使用經過處理的植物原料，例如咖哩粉(含有黃薑)、「利賓納」、紅莓汁飲品、黑加侖子汁飲品等。之後，學生可以測試色素在不同pH值下的顏色。若植物色素在某個pH範圍內有明顯的顏色轉變，該種色素就適合用於酸鹼滴定。

正面和負面的結果對科學探究同樣重要。學生可能找不到適合進行滴定的植物提取液。但是，他們亦可以報告探究的結果，並解釋為甚麼這種植物提取液不適用。



紫椰菜



紅莓汁飲品



葡萄汁飲品

學生可先用常用的酸鹼指示劑（例如酚酞），進行標準酸與已稀釋的焗爐清潔劑的滴定實驗，然後轉用自製指示劑重複以上滴定。透過比較這兩個滴定值，學生便能判斷自製的指示劑是否適用。

另外，學生亦可用已稀釋的焗爐清潔劑與不同強度的酸進行滴定實驗，並用pH計或附有pH感應器的數據記錄儀記錄反應混合物的pH值，然後將結果繪畫成滴定曲線。再判斷哪種植物提取液在滴定曲線的垂直範圍內有明顯的顏色轉變，該種植物提取液便適合用作滴定指示劑。之後利用該種植物提取液，作為酸鹼滴定指示劑，來測定焗爐清潔劑的濃度。

課程連結

課題四 酸和鹽基

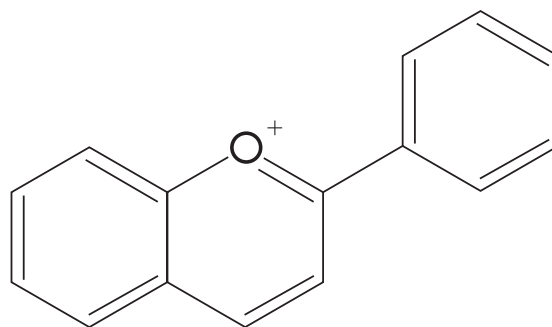
已有知識和實驗經驗

- 酸和鹽基的反應
- 摩爾濃度計算
- 量度pH的基本概念
- 酸鹼滴定

備注

1. 教師可能要幫學生複習相關的概念，例如怎樣選擇合適的酸鹼滴定指示劑。學生應該知道，在不同pH下顯示不同顏色的植物提取液未必是合適的酸鹼滴定指示劑。教師可以展示常用指示劑（例如甲基橙和酚酞）在不同pH值時的顏色，並加以闡述。英國皇家化學會的網頁內有一個模擬活動，網址是http://www.chemit.co.uk/uploads/java/rsc_indicator/applet.htm。網頁內的程式提供了選擇表，可讓學生選擇酸、鹽基溶液和指示劑的組合。選擇組合後，模擬程式會畫出酸鹼滴定的曲線圖，並顯示滴定的當量點和指示劑顯示的終點。
2. 某些植物原料的指示劑，例如葡萄皮或櫻桃皮，可能會迅速變壞；如果這些指示劑在實驗較遲的階段才使用，應先存放在冰箱。某些植物提取液（例如甜菜根）在空氣中暴露一段時間後會改變顏色，所以應該在滴定前才準備。
3. 花色素苷是水溶性的液胞黃酮色素，在不同pH值的溶液中顯現不同顏色，顏色介乎可見光譜的紅色至藍色範圍。花色素苷只可在植物界找到，為不同植物提供顏色，由水果至秋葉，都可以找到花色素苷。

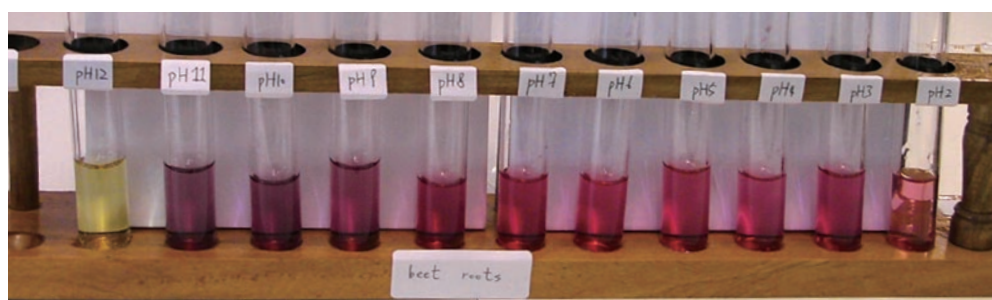
不同的花色素苷都有相同的碳架，差別只在於取代基的性質。由於花色素苷會因應不同的pH值而改變其化學結構，故花色素苷在酸性的環境是紅色的，但在鹼性的環境便會轉為藍色，所以花色素苷經常被用作pH指示劑。



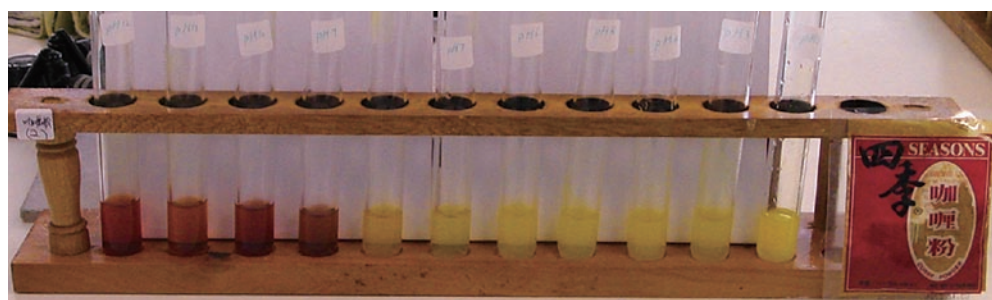
圖一：花色素苷的基本結構

4. 以下的植物提取液經測試後，在酸鹼滴定的終點展示了明顯的顏色轉變，例如，甜菜根適合強鹼和強酸或強鹼和弱酸的滴定測試。

	鹼性	酸性
甜菜根	黃色	紅色
咖哩粉	黃色	橙色



甜菜根



咖哩粉

圖二：在不同pH溶液裏的甜菜根萃取物和咖哩粉提取液所顯示的顏色

實驗詳情

第一部分：提取植物色素

1. 把有色的植物原料切成小塊。
2. 把量好份量的原料放入燒杯，加入 30cm³ 蒸餾水。
3. 把燒杯放在熱板上加熱10分鐘；加熱時，應偶爾攪動原料（見圖三及圖四）。
4. 冷卻後，用過濾法分離植物提取液。



圖三：在蒸餾水中加熱植物原料



圖四：由左上角至右下角：紫椰菜、奇異果、藍莓、櫻桃、葡萄、火龍果皮。

第二部分：準備緩衝液及選擇合適的酸鹼指示劑

可以為學生提供 pH 1-12 的緩衝液。根據下表所描述的化學成分可製備出不同 pH 值(近似值)的溶液。要製備某 pH 值的溶液時，可以用 pH 計量度：如果 pH 值過高，加入 1M HCl，把 pH 值調節至目標數值；如果 pH 值過低，加入 1M NaOH，把 pH 值調節至目標數值。完成後，加入蒸餾水，把每瓶混合物稀釋至 50cm³。

pH	化學品成分
1	50cm ³ 0.1M HCl
2	5cm ³ 0.1M HCl
3	11.2cm ³ 0.10M HCl + 0.51 g 鄰苯二甲酸氫鉀
4	0.05cm ³ 0.10M HCl + 0.51 g 鄰苯二甲酸氫鉀
5	11.3cm ³ 0.10M NaOH + 0.51 g 鄰苯二甲酸氫鉀
6	2.8cm ³ 0.10M NaOH + 0.34 g 磷酸二氫鉀
7	14.6cm ³ 0.10M NaOH + 0.34 g 磷酸二氫鉀
8	23.4cm ³ 0.10M NaOH + 0.34 g 磷酸二氫鉀
9	2.3cm ³ 0.10M HCl + 0.24 g 四硼酸鈉
10	9.2cm ³ 0.10M NaOH + 0.24 g 四硼酸鈉
11	11.4cm ³ 0.10M NaOH + 0.11 g 碳酸氫鈉
12	5cm ³ 0.10 M NaOH

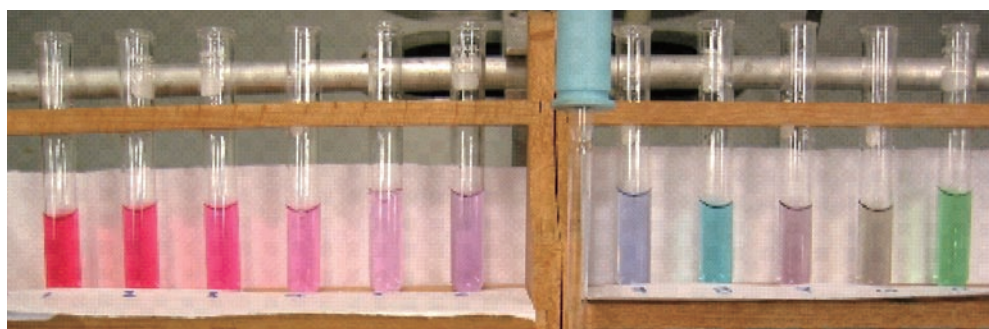
1. 用 pH 計量度緩衝液的 pH 值，並記錄下來。
2. 把寫有溶液 pH 值的貼紙貼在 12 枝清潔的試管上。
3. 把已知 pH 值的緩衝液倒入相應的試管，約三分一滿。在每枝試管加入大約 1cm³ 的植物提取液，與溶液混合。

4. 記錄提取液在不同pH值的顏色。
5. 使用其他的植物提取液重複步驟1 - 4。
6. 測定哪種植物提取液適用於強鹼與強酸和（或）強鹼與弱酸的滴定。

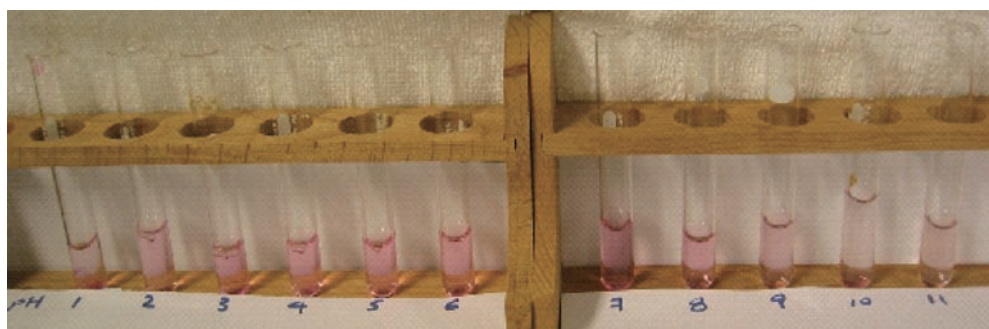
樣本數據（見圖五）

pH	1	2	3	4	5	6
紫椰菜	深紅色	紫紅色	紫紅色	紫色	淺淡紫色	淡紫色
奇異果皮	淺紅色	淺紅色	淺紅色	淺紅色	淺紅色	淺紅色
藍莓皮	紅色	紅色	紫色	粉紅色	淺粉紅色	紫色
葡萄汁飲品	紅色	紅色	淺紅色	粉紅色	近乎無色	淺粉紅色

pH	7	8	9	10	11	12
紫椰菜	紫色	藍色	深藍色	深綠色	綠色	綠色
奇異果皮	淺紅色	淺紅色	淺粉紅色	近乎無色	近乎無色	近乎無色
藍莓皮	深紫色	藍色	灰色	綠灰色	綠色	綠色
葡萄汁飲品	紫灰色	藍色	紫色	淺棕色	綠色	綠色



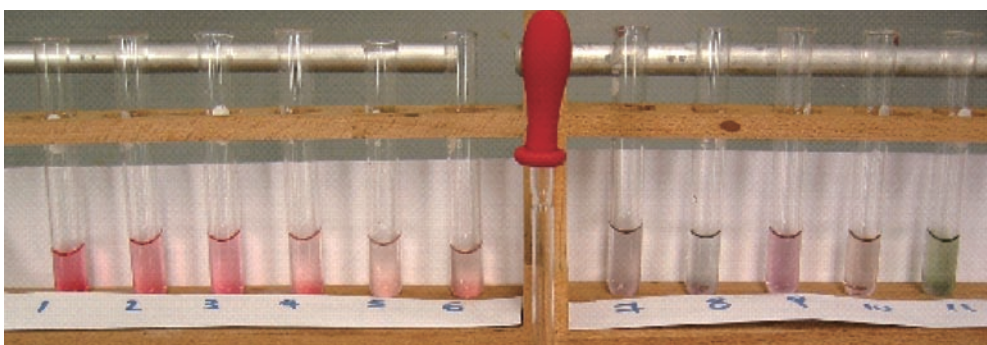
紫椰菜



奇異果皮



藍莓皮



葡萄汁飲品

圖五：植物提取液在不同pH溶液所顯示的顏色

可進一步討論的問題

1. 選擇植物提取液作為酸鹼指示劑時，除了考慮指示劑在特定的pH範圍內要有明顯的顏色轉變之外，你還會考慮甚麼因素？
2. 用HA代表弱酸， A^- 代表鹽的陰離子， H^+ 代表鹽的正離子，寫下弱酸及其鹽的平衡反應式。
3. 這些天然指示劑有甚麼局限性？

參考資料

- American Chemical Society. (1998). *Chemical Activities*. American Chemical Society.
- Mebane, R.C., Rybolt, T. R. (1985) Edible Acid-Base Indicators. *J. Chem. Educ.* 62, p.285.
- *What household substances can be used as acid/base indicators?* General Chemistry Online.
<http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/acidbase/faq/household-indicators.shtml>



零食的鹽分

學生工作紙

簡介

欣賞球賽、看電影或電視節目時，你可能會邊看邊吃零食。零食往往會加入鹽作調味，而且大多是高鹽高脂肪的。攝取過多鹽分和脂肪會引致很多健康問題，例如高血壓。



你是在消費者委員會內工作的科學家。《選擇》月刊的編輯委員會希望在下期雜誌報導不同牌子的零食(例如薯片、餅乾)的「健康指數」。你要比較不同零食的鹽分，特別是一些貼有「低鹽」標籤的零食。

任務

你和組員大約有20小時課堂時間解決上述的問題。請討論怎樣分工合作，並注意下列的事項。除了會面討論之外，你亦可以利用電郵和網上論壇與組員、老師交流意見。

1. 你可以利用網上搜尋器(例如Yahoo或Google)、課本或參考書，搜尋測定食物鹽分的方法。請妥善保留有關資料搜集的記錄（完成資料搜集記錄表¹）。

搜尋資料時，可以考慮下列各點：

- 閱讀零食上的食物標籤。標籤上有沒有關於鹽分的資料？
- 鹽的化學性質是怎樣的？
- 建議的「每日最高鹽分攝取量」是多少？
- 各類測定鹽分的方法背後有甚麼化學原理？
- 選擇一項涉及與氯離子反應的方法。

2. 搜集了可行的方法後，選擇一個你認為最佳的，並設計實驗步驟來測定2至3個零食樣本。除此之外，你亦可以選擇兩種不同的方法來測定同一種零食樣本的鹽分，並比較其結果。你可以用圖表或流程表來表達你的構思。把探究分為數個實驗會是較理想的做法。

設計實驗時，你可以考慮以下各點：

- 如何把鹽從食物中分離出來？甚麼溶劑可以溶解鹽？分離過程可能很慢，你可以怎樣加快速度？除了實驗室的儀器，還可以應用甚麼家居用品？
- 你選用的方法涉及甚麼化學反應？
- 選用這種方法，你要作出甚麼假設？
- 食物中有沒有其他會影響測試結果的物質？如果這種物質會嚴重影響實驗結果，你會怎樣消除這種影響？

- 你需要多少樣本作分析？
- 怎樣檢查你的方法是可靠的？你有甚麼準則？
- 你要怎樣報告分析結果，才能比較不同牌子的零食的鹽分？
- 你會使用甚麼化學品和儀器？需要採取甚麼安全措施？怎樣棄置所產生的廢料？
- 根據化學計量學，列出計算步驟。你會用甚麼計量單位報告鹽分？你作了甚麼假設？

進行探究前，先準備一份計畫書(可用附件的計畫書表格⁴⁰)，並徵詢老師的意見。

3. 進行實驗，並記錄所有觀察(完成觀察及量度數據記錄表⁴⁰)。

4. 組織及分析數據(完成數據分析記錄表⁴⁰)。報告中，請提出下列各點：

- 探究的目的
- 你所採用的方法背後的化學原理
- 實驗步驟和安全措施
- 實驗步驟作出的修改和實驗時遇到的困難
- 以表格形式總結滴定結果
- 數據處理，包括運算步驟
- 評論所得的結果
- 實驗的誤差及建議的改善方法
- 給予公眾的建議
- 整個探究的總結
- 可以實行的進一步探究
- 參考資料
- 組員的分工
- 反思在進行探究時學到甚麼

如零食標籤列有所含鹽分，有關數據與探究的結果是否一致？造成差異的原因是甚麼？普通的零食和「低鹽」零食的鹽分有甚麼分別？可以嘗試設計進一步實驗，找出其分別。

5. 以口述形式簡報你的探究。

安全措施

實驗室不准飲食。切勿進食任何在實驗使用的零食。避免用雙手直接接觸熱的物件。避免直接接觸化學品。若皮膚沾上化學品，應立即用大量自來水清洗。



EYE PROTECTION
MUST BE WORN
必須戴上安全眼鏡

你要仔細評估實驗涉及的風險，並尋找相關的安全措施。有關探究時所需或產生的化學品的安全資料，可以查閱「物料安全資料表」(MSDSs)。化學廢料或多餘的物料應妥善棄置。

物料和儀器

- 0.1 M硝酸銀溶液

- 5%鉻酸鉀指示劑



- 蒸餾水
- 濾紙
- 常用的滴定儀器及玻璃儀器

(如需要其他化學品和儀器，可提出要求。)

零食的鹽分

教師指南

簡介

預先包裝的食品都印有食物標籤，而營養資料是其中一項最有用的部分。食物標籤或多或少可以反映食品的健康指數，所以消費者會依靠標籤來作出明智的營養選擇。但是，有些食物生產商卻可能利用食物標籤或吸引人的包裝，誘使顧客購買其產品。

這探究展示了分析化學在日常生活中的應用。探究的主要目的是讓學生探究零食的鹽分，並比較探究結果和食物標籤上的數據。學生需要訂出研習計畫，並且對不同牌子的零食的鹽分進行定量分析。

可行的方法

很多方法都可以測定食品的鈉含量；假設樣本中的氯化物全部來自氯化鈉，那麼根據氯化物的含量，便能計算鈉的含量。一些正規的方法例如莫爾滴定和伏哈德滴定可用作分析不同產品的氯化物含量。這些分析方法比在檢定實驗室使用的原子吸收光譜法或電感耦合等離子體原子發射光譜法便宜，而且這些實驗亦可以在中學實驗室進行。

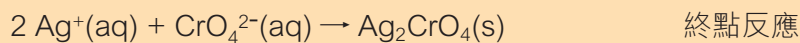
沉澱滴定法和重量分析法均可測定零食的鹽分。莫爾法是一直接的滴定法，滴定劑為標準硝酸銀溶液，適合測定在中性或非緩衝溶液中的氯化物。伏哈德法則需要在酸性環境下，加入過量的 $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ 以沉澱氯化物，再用標準硫氰酸鉀溶液返滴定過量的 $\text{Ag}^+(\text{aq})$ 。重量分析法是最簡單的方法，但樣本需要含有濃度較高的氯離子，且稱量時要小心精確。還須注意已過濾的氯化銀會進行光解作用。

學生的探究可以包括：

- 選用以上其中一種方法，比較相同種類、三種不同牌子的零食鹽分；
- 選用以上其中一種方法，比較三種零食樣本的鹽分，例如餅乾、蝦條、花生；或者
- 選用以上兩種方法，分析同一種零食樣本的鹽分，並比較兩種方法所得的結果。

1. 莫爾法

這方法是透過樣本與 $\text{Ag}^+(\text{aq})$ 的標準溶液的滴定，並使用 $\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ 作為指示劑，以測定樣本的氯離子。滴定时， $\text{Ag}^+(\text{aq})$ 會與 $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 和 $\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})$ 反應生成沉澱。但是，由於 $\text{AgCl}(\text{s})$ 的溶解度比 $\text{Ag}_2\text{CrO}_4(\text{s})$ 的為低， $\text{AgCl}(\text{s})$ 會先形成。當樣本中所有 $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 反應完畢，第一滴過量的 $\text{Ag}^+(\text{aq})$ 便會和鉻酸鹽指示劑產生反應，形成紅色的沉澱物。

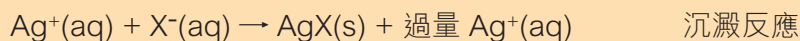


這個測定法應該在中性介質進行；如果選用鹼性溶液，銀離子會和氫氧離子產生反應，生成 $\text{Ag}_2\text{O}(\text{s})$ ；如果選用酸性溶液，鉻(VI)酸銀則會被溶解。所以，溶液的pH值應該保持在7左右。如果要分析酸性溶液的氯化物，可考慮採取以下的方法：

- 用過量的碳酸鈣（不含氯化物）中和酸，用鉻酸鉀作為指示劑；
- 加入過量的硝酸銀，並以硫氰酸鉀返滴定過量的硝酸銀（見下面的伏哈德法）；
- 使用吸附指示劑（法揚斯法）。

2. 伏哈德法

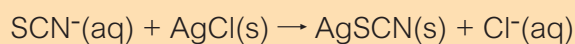
用伏哈德法測定氯離子和其他陰離子時，要在樣本溶液中加入已知體積的標準硝酸銀溶液；過量的硝酸銀與鹵化物產生以下反應：



過量的銀離子可以用標準的硫氰酸鹽作返滴定，以硫酸銨鐵飽和溶液作指示劑：



如果鹵化銀沉澱物的溶解度不及硫氰酸銀高，過量的銀離子可直接和硫氰酸鉀滴定，適用的鹵化銀包括溴化銀和碘化銀。但由於氯化銀的溶解度比硫氰酸銀高，必須先用過濾法把氯化銀分離出來，以免在滴定时轉為硫氰酸銀：

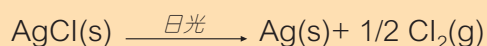


過往，可加入少量的硝基苯以包著 $\text{AgCl}(\text{s})$ 的沉澱物表面，免去過濾的步驟。但由於已證實硝基苯危害健康，所以這種方法不再適用。

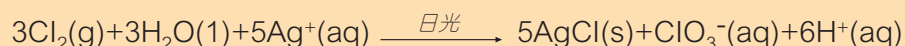
3. 重量分析法

磨碎已知份量的零食，溶解在已知體積的熱蒸餾水。收集濾液，並加入過量的硝酸銀溶液以沉澱 $\text{Cl}^-(\text{aq})$ 離子，最後稱量 $\text{AgCl}(\text{s})$ 。

這方法的主要誤差有兩方面。首先，如果濾液中含有其他鹵化物，它們便會生成溶解度比氯化銀還要低的鹵化銀，以致所得的質量高於理論值。另外，氯化銀對光敏感，會出現過度的光解，產生紫色的沉澱物：



由於形成了幼細的銀金屬，所得的質量會低於理論值。如果溶液中含有銀離子，除了以上的光解反應外，也會出現以下反應：



如果這個反應持續進行，所得的質量會高於理論值。為了減少這種誤差，應盡量避免反應物暴露於陽光中。

課程連結

課題十五 分析化學

已有知識和實驗經驗

- 氯化銀的沉澱反應
- 容量分析

備注

1. 有些零食不宜磨碎，例如薯片，因為過濾混合物所需的時間太長。取而代之，可以用熱水溶解樣本的氯離子。

2. 有些零食的包裝上的營養資料會顯示鈉含量，可以用這些資料來估計滴定劑的體積。普遍薯片的鹽分大約是每100g樣本中有1g鈉。
3. 健康的成年人(19-50歲)每日應該攝取1.5g鈉和2.3g氯化物，以替代出汗時的平均流失，並完善飲食中的必需營養成分。攝取過多鈉會引致高血壓，高血壓會導至中風、冠心病和腎病。一般來說，若攝取的鹽分上升，血壓也會隨著慢慢上升。每日的鹽分攝取量上限(即不能超過的攝取份量)是5.8g(等同2.3g鈉)。

實驗詳情

安全措施

1. 避免皮膚及衣物觸及硝酸銀。銀鹽可以即時還原成金屬銀，形成難以除去的污漬。
2. 鉻(VI)酸鉀的毒性很高，亦會刺激眼睛、皮膚和呼吸系統。使用時要戴上適合的手套和眼罩。如果使用粉末固體，請在煙櫥進行實驗。
3. 硫氰酸鉀是有害的。
4. 硫酸銨鐵指示劑是具刺激性的。
5. 硝酸是具腐蝕性的，會引致嚴重的灼傷。若不慎觸及，皮膚會變黃，並可能脫落。硝酸的蒸氣對雙眼和呼吸系統有害。使用濃酸時要十分小心。

所需的溶液和化學品

• 0.1 M硝酸銀標準溶液

把 5g AgNO_3 在100°C下烘乾約1-2小時，時間不能太長。然後放進乾燥器冷卻約30-40分鐘。準確稱量（至最近的0.1mg）約4.25g $\text{AgNO}_3(\text{s})$ ，並加入蒸餾水以製備 250cm³ 溶液。把溶液儲存在清潔及乾燥的 500cm³ 棕色玻璃瓶內，並蓋上瓶塞。（可用氯化鈉標準溶液測定硝酸銀的濃度）。

• 鉻(VI)酸鉀指示劑溶液（5%，約0.25M）

溶解1g K_2CrO_4 於 20cm³ 蒸餾水。

• 硫氰酸鉀溶液（0.05M）

稱量2.43g固體KSCN，並溶於蒸餾水中，將溶液加入 500cm³ 的容量瓶中，加蒸餾水稀釋至標記。

- 硫酸銨鐵溶液（飽和的）

把 8g $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 加入 20cm^3 蒸餾水，再加入數滴濃硝酸。

- 硝酸（1:1、6M、濃的、極稀的）

1:1硝酸的濃度大約為 5 mol dm^{-3} ；小心地將濃硝酸(70%)與相同容量的去離子水混合。

莫爾法

測定薯片的氯化物含量

1. 用 250cm^3 燒杯準確稱量大約10g薯片，再加入大約 125cm^3 熱蒸餾水。
2. 小心攪拌混合物約30秒，等候1分鐘，再攪拌30秒，然後冷卻至室溫。
3. 用玻璃棉過濾溶液，把濾液轉移至 250cm^3 容量瓶，加入蒸餾水，直至水位到達標記。
4. 用移液管轉移 25.0cm^3 已過濾的溶液至 250cm^3 的錐形瓶，加入 1cm^3 5% 鉻(VI)酸鉀指示劑。
5. 用 0.1M AgNO_3 滴定溶液，直至鉻(VI)酸銀的淡棕紅色持續出現約30秒。最初加入鉻(VI)酸鉀指示劑時，溶液會形成混濁的淡檸檬黃色。記錄所需的滴定劑體積。
6. 重複滴定兩至三次，以得到一致結果。

伏哈德法

甲部：標定0.05M硫氰酸鉀溶液

KSCN是很易潮解的固體。需用標準硝酸銀溶液來標定已製備的KSCN溶液的濃度。

1. 用移液管把 10.0cm^3 0.1M 硝酸銀標準溶液轉移至 125cm^3 的錐形瓶。加入 5cm^3 1:1 的硝酸和 1cm^3 硫酸銨鐵溶液作指示劑。
2. 用硫氰酸鉀溶液滴定，不斷旋轉溶液，直至所有溶液開始轉為棕紅色。
3. 逐滴加入硫氰酸鉀溶液，每加一滴都要搖動溶液。到達終點時會出現深紅色的硫氰酸鐵絡合物。每加一滴後略為停頓，讓沉澱物沉澱，會較容易看到顏色的轉變。此外，也可將滴定中的溶液，跟用 75cm^3 水、 5cm^3 6M 硝酸和 2cm^3 硫酸銨鐵指示劑製成的對照溶液作顏色比較。記錄所需的滴定劑體積。
4. 重複滴定兩至三次，以得到一致的結果。

乙部：測定薯片的氯化物含量

1. 用 250cm³ 燒杯準確稱量大約10g薯片，再加入大約 125cm³ 熱蒸餾水。
2. 小心攪拌混合物約30秒，等候1分鐘，再攪拌30秒，然後冷卻至室溫。用玻璃棉過濾溶液至 250cm³ 錐形瓶。
3. 把 50.0cm³ 的0.1M AgNO₃(aq)加入錐形瓶內的濾液，再加入 5cm³ 的1:1硝酸。用橡膠塞塞著瓶口，不斷搖動錐形瓶，直至氯化銀沉澱物沉澱，而溶液上層是清晰的。
4. 用乾濾紙過濾溶液(必須過濾溶液，因為氯化銀的溶解度比硫氰酸銀高，很容易和硫氰化鐵(III)產生反應)。把濾液轉移至 250cm³ 容量瓶，加入蒸餾水，直至水位到達標記。
5. 用移液管轉移 50.0cm³ 已過濾的溶液至錐形瓶，加入 1cm³ 的飽和硫酸銨鐵指示劑，再用 0.05M 硫氰酸鉀溶液滴定過量的硝酸銀。到達終點時會出現深紅色的硫氰酸鐵絡合物。記錄所需的滴定劑體積。
6. 重複滴定兩至三次，以得到一致結果。

用重量分析法測定氯化物含量

1. 用 250cm³ 燒杯準確稱量大約10g薯片，再加入大約 125cm³ 熱蒸餾水。
2. 小心攪拌混合物約30秒，等候1分鐘，再攪拌30秒，然後冷卻至室溫。
3. 用吸濾法過濾溶液。
4. 在濾液加入大約 0.5cm³ 濃硝酸。
5. 用滴定管加入0.1 M硝酸銀標準溶液，直至新的沉澱物停止產生。讓溶液靜置一分鐘，然後加入一滴硝酸銀溶液，以測試沉澱是否已完成。
6. 把混合物放在黑暗的環境靜置最少一小時，直至沉澱物凝固。
7. 稱量濾紙的重量，然後用布赫勒爾漏斗和吸濾瓶過濾上層清液。用幾毫升極稀的硝酸清洗錐形瓶內的沉澱物，並把清洗液倒進布赫勒爾漏斗，重複這步驟三次。
8. 把沉澱物轉移至布赫勒爾漏斗。用少量蒸餾水清洗錐形瓶內剩餘的粒子，再用幾毫升極稀的硝酸清洗在布赫勒爾漏斗的沉澱物三次，然後再用幾毫升蒸餾水清洗。
9. 把載有沉澱物的濾紙小心放置在錶面玻璃上，然後風乾一晚。
10. 稱量已乾的濾紙和沉澱物，計算所得的AgCl(s)質量。
11. 用已知份量的標準氯化鈉溶液重複以上的實驗，以測試這個方法的準確度。

可進一步討論的問題

1. 探究時，需要用蒸餾水而不是用自來水來清洗玻璃儀器，為甚麼？
2. 有些零食有「低鹽量」的標籤。生產商如何減低鹽量，但又不影響零食的味道？

參考資料

- Christian, G. D. (1986) *Analytical Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lambert, J., Holderness, A. and Taylor, F. S. (1975) *Essentials of Volumetric Analysis (2nd Edition)*. London: Heinemann Educational Books Ltd.
- Nielsen, S. S. (2003) *Food Analysis Laboratory Manual*. Kluwer Academic: New York.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J. (1992) *Fundamentals of analytical chemistry*. Fort Worth, Tex.: Saunders College.
- Practical Investigations in Chemistry, Science Outreach Programme, University of Canterbury.
http://www.outreach.canterbury.ac.nz/chemistry/chloride_mohr.shtml
http://www.outreach.canterbury.ac.nz/chemistry/chloride_volhard.shtml
http://www.outreach.canterbury.ac.nz/chemistry/chloride_gravimetry.shtml



怎樣令它變熱？

學生工作紙

簡介

對登山及遠足探險者而言，自熱飲品或食物是非常方便的產品。這類產品不需靠附加燃料加熱，已可提供熱騰騰的食物或飲品。這種科技早發展在軍事及太空考察上。

你是一家食品公司的化學家，你的公司計劃為一種即食食品發明一款自熱包裝，你的責任是設計一款能在數分鐘內將食物加熱至 60°C 的自熱包裝，並能維持此溫度15分鐘。包裝應使用化學反應，而非燃燒燃料加熱。自熱包裝的設計要方便攜帶，容易使用，打開包裝後，用者能直接享用包裝內的食物或飲品。

任務

你和組員大約有20小時課堂時間解決上述的問題。請討論怎樣分工合作，並注意下列的事項。除了會面討論之外，你亦可以利用電郵和網上論壇與組員、老師交流意見。

1. 你可以用搜尋器(例如Yahoo或Google)、課本或參考書，搜尋自熱包裝的發熱原理，以及哪種化學品反應後可以產生熱能的相關資料。請妥善保留有關資料搜集的記錄(完成資料搜集記錄表⁴)。

搜尋資料時，可以考慮下列各點：

- 哪種化學品反應時能持續提供熱能？所涉及的化學反應是甚麼？屬於哪一種類的化學反應？
- 為甚麼選取這些化學品？你需要考慮哪些因素？
- 如何計算出反應所產生的熱能？
- 甚麼是設計自熱包裝的基本要求？

2. 根據你選擇的化學反應設計實驗步驟，製作並測試你的自熱包裝。你可以用圖表或流程表來表達你的構思。把探究分為數個實驗會是較理想的做法。

設計實驗時，你可以考慮以下各點：

- 你會使用哪些化學品及儀器？
- 所採用的化學品可能是具腐蝕性的，加上放熱反應不易控制，你會採取甚麼安全措施？怎樣棄置所產生的廢料？
- 自熱包裝可盛載多少食物或飲品？用甚麼物料作食物或飲品的容器？
- 應使用多少化學品才能把食物或飲品加熱至所需溫度？

- 你所採用的化學反應共產生多少熱能？展示你的計算並寫出所作的假設。
- 如何量度所產生的熱能？你應量度自熱包裝哪個部分的溫度？每隔多久進行一次溫度量度？如何避免熱量散失於環境中？
- 如何將加熱裝置及需要加熱的食物或飲品放在一起？如何啟動發熱的化學反應？如何測試自熱包裝的效能？
- 你會推薦哪類產品採用這自熱包裝？
- 自熱包裝的化學品能否循環再用？如不可以，應如何指示顧客適當處理這些使用過的包裝？
- 對顧客來說，你設計的產品是否安全？如何確保食物或飲品不會被用以加熱的化學品所污染？

進行探究前，先準備一份計畫書（可用附件的計畫書⁴⁰），並徵詢老師的意見。

3. 進行實驗，並記錄所有觀察（完成觀察及量度數據記錄表⁴⁰）。

4. 組織及分析數據（完成數據分析記錄表⁴⁰）。報告中，請提出下列各點：

- 探究的目的
- 你所採用的方法背後的化學原理
- 實驗步驟和安全措施
- 實驗步驟作出的修改和實驗時遇到的困難
- 數據處理，包括運算步驟
- 評論所得的結果
- 實驗的誤差及建議的改善方法
- 自熱包裝的圖片和啟動發熱方法的指示，每個自熱包裝的成本
- 整個探究的總結
- 可以實行的進一步探究
- 參考資料
- 組員的分工
- 反思在進行探究時學到甚麼

5. 以口述形式簡報你的探究。

安全措施

切勿讓化學反應在密閉的容器中進行。放熱反應不易控制，故每次實驗不要使用太多化學品。避免用雙手直接觸摸熱的物件。實驗室內不准飲食。避免直接接觸化學品。若皮膚沾上化學品，應立即用大量自來水清洗。若使用玻璃溫度計，小心不要將它打碎。



你要仔細評估實驗涉及的風險，並尋找相關的安全措施。有關探究時所需或產生的化學品的安全資料，可以查閱「物料安全資料表」（MSDSs）。化學廢料或多餘的物料應妥善棄置。

物料和儀器

- 常用的實驗室儀器和玻璃儀器
- 電子溫度計或裝有溫度傳感器的數據記錄器

(如需要其他化學品和儀器，可提出要求。)

怎樣令它變熱？

教師指南

簡介

這探究給予學生機會運用所學的化學知識來設計一個自熱包裝，並測試其效能。此外，學生可發揮創意，使用日常的家居物料來製作產品，和選取要加熱的食物或飲品。

可行的方法

基本上，探究可分為兩部分。第一部分：研究不同的化學反應所產生的熱能。例如：學生可以研究哪個氧化鈣與水的質量組合才能產生最高的升溫，他們可嘗試混合不同分量的水和氧化鈣（見下表），以找出最高的升溫組合。這研究讓學生對他們所設計的包裝需要多少化學品有初步構思。

水/cm ³ \ CaO/g	10	20	30
20			
40			
60			

除了使用CaO與水的反應來發熱外，學生亦可試用其他的化學反應，例如鐵粉的氧化反應；鎂或鋅粉與硫酸銅(II)溶液的取代反應；無水氯化鈣與水的溶解作用；鎂、鐵粉和水的混合物所產生的反應等。一些化學反應，如酸鹼中和，因為所產生的熱能不夠持久，故不適用於此探究。

第二部分：利用第一部份的數據結果來設計自熱包裝。學生選擇包裝物料時，應考慮反應放出的熱量、反應速率、成本等因素。最後他們可能想出很多有創意的設計，例如用自熱包裝來加熱咖啡、為嬰兒加熱牛奶、熱熔朱古力或煎雞蛋等。需要加熱哪種食品，往往便決定了所用的化學品和化學品的所需份量。

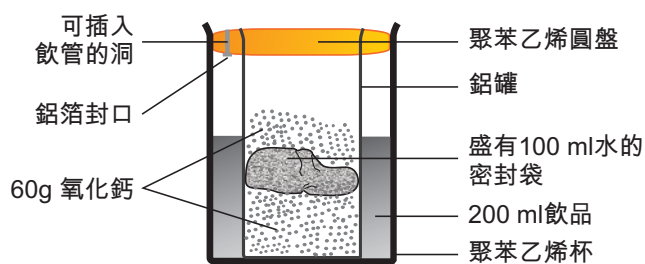
一如日常的煮食方式，發熱的化學品可放於需要加熱的飲品或食物底下。學生亦可探究將發熱的化學品放於其他位置，如放於食物之中，或放於食物的周圍（見圖一至四）。



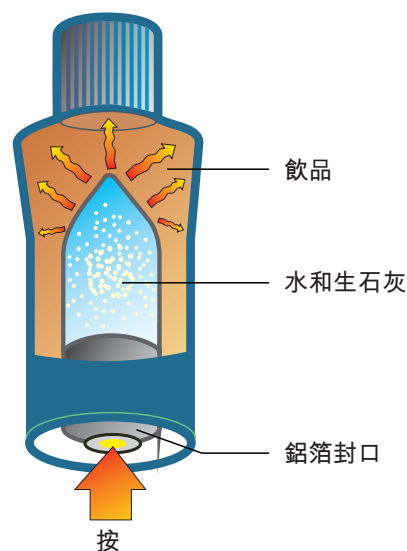
圖一：由一個鋁罐及一個大的即棄聚苯乙烯杯製成的自熱裝置，發熱的化學品可放於鋁罐或聚苯乙烯杯內。



圖二：用塑膠肥皂盒及心型金屬碟製成的自熱裝置。



圖三：一個設計較精緻的自熱裝置。用針刺穿聚苯乙烯圓盤及裝置內的水袋，發熱反應就會開始。



圖四：另一自熱飲品容器的設計

課程連結

課題三 金屬

課題四 酸和鹽基

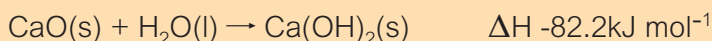
課題八 化學反應與能量

已有知識和實驗經驗

- 酸和鹽基/鹼的性質與反應
- 一些放熱反應
- 研習化學反應的熱能變化時所需的實驗技巧

備註

1. 氧化鈣是自熱裝置中最常用的化學品，亦稱為石灰或生石灰。處理生石灰時，要特別小心，因它能與水發生劇烈反應，生成氫氧化鈣，即熟石灰，這過程稱為「熟化」；這反應的焓變約為 -82.2kJ mol^{-1} 。



2. 存放過久的氧化鈣可能已變成熟石灰，為免令探究失敗，所用的CaO應為新的存貨及於探究前先作測試。另外，應把氧化鈣存放於密封容器或乾燥器內，以免與濕氣及二氧化碳產生反應。
3. 學生應自行攜帶所需物件，例如鋁罐及大的聚苯乙烯杯，作為裝置的容器。

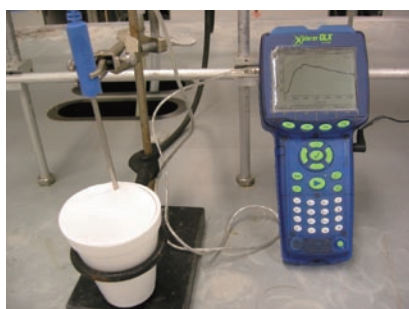
實驗詳情

安全措施

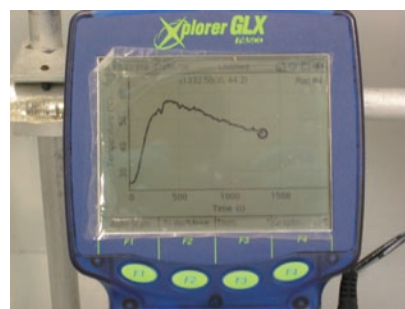
- 任何時間必須戴上安全眼鏡。
- 避免接觸化學品。有需要時，配戴保護手套。
- 當加水於氧化鈣時，要加倍小心，因為這反應可放出很大熱能。放出的熱可能足以熔掉塑膠容器或引致玻璃爆裂。
- 釋出的熱量可令水分蒸發，在容器內產生強大壓力。故切勿在密閉容器中進行反應。
- 切勿混和酸與氧化鈣。這反應非常猛烈，更會濺出熱的酸溶液。
- 棄置實驗後的氧化鈣要特別小心，因為殘餘的氧化鈣仍有機會與水發生放熱反應。

第一部分：氧化鈣與水反應的熱力學分析

1. 用量筒量度 50cm^3 的水。
2. 用溫度計或連接數據記錄器的溫度傳感器來量度水的起始溫度。
3. 把 15g CaO 放入聚苯乙烯杯中。小心地加入 50cm^3 水。
注意：反應會產生大量熱能，嚴重的甚至可能會熱熔聚苯乙烯杯或導致紙張燃燒。
4. 攪拌混合物，並每分鐘量度溫度一次，維持20分鐘(見圖五及圖六)。



圖五：量度溫度變化的裝置



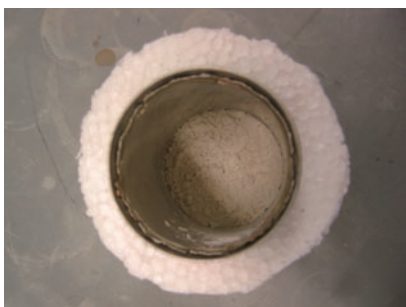
圖六：數據記錄器的LCD顯示混合物的溫度變化

5. 繪畫圖表以顯示溫度隨時間的轉變。
6. 找出反應混合物的最高溫度及溫度的最高升幅，並計算反應所放出的熱能。
7. 如有需要，可用不同份量的氧化鈣及水來重複實驗。

第二部分：製作自熱食物或飲品的容器

注意：以下自熱容器只是其中一種可行的設計，教師應讓學生自由創作自己的作品。

1. 把15g 氧化鈣及一袋 50cm³ 的水放入鋁罐中（見圖七及圖八）。



圖七：把15g 氧化鈣放於罐中

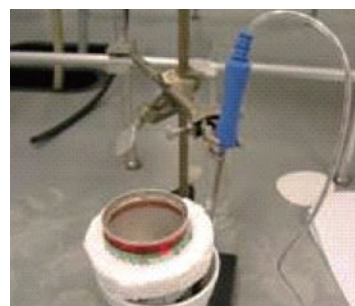


圖八：把水袋放入罐中

2. 把 50cm³ 的飲品倒入聚苯乙烯杯中（見圖九）。
3. 把聚苯乙烯環套入罐的上面，再把罐放入聚苯乙烯杯中（見圖十）。



圖九：把飲品倒入聚苯乙烯杯中

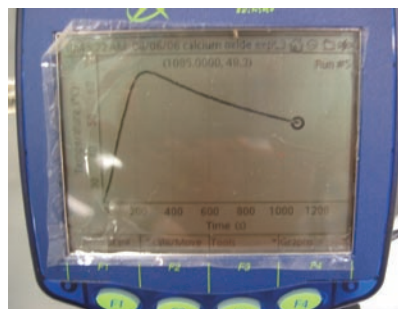


圖十：把罐放入聚苯乙烯杯中

4. 把水袋剪開讓水流出，反應開始（見圖十一）。



圖十一：把水袋剪開讓水流出



圖十二：記錄溫度的變化

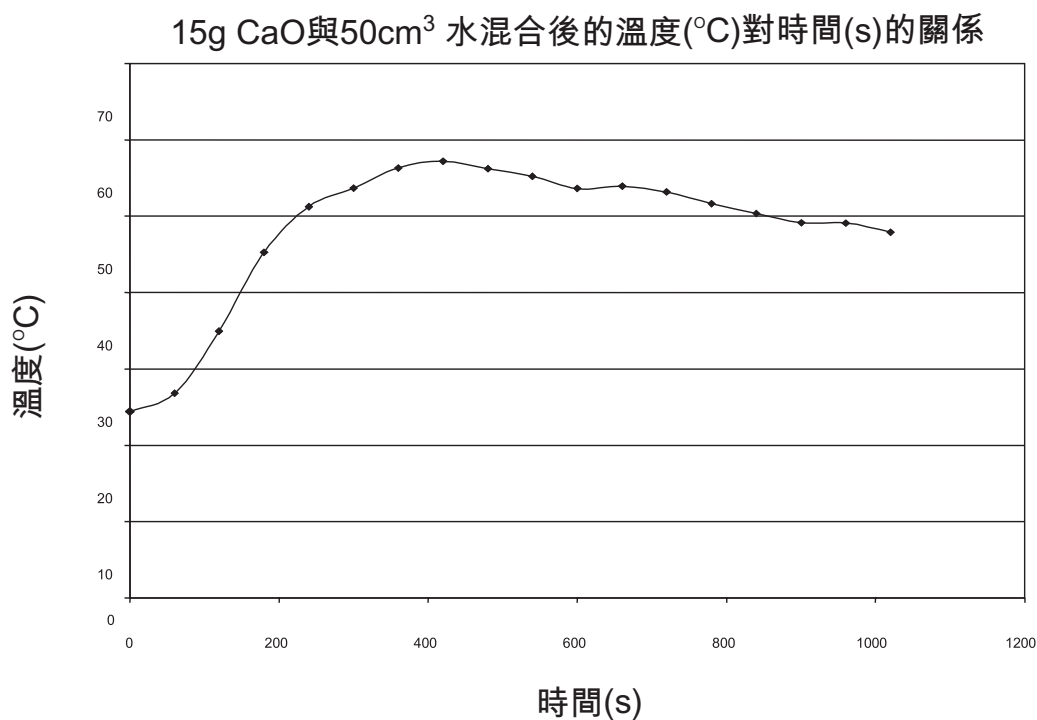
5. 用鋁箔把罐密封。攪拌混合物並每分鐘量度溫度一次，維持20分鐘（見圖十二）。

樣本數據

第一部分

時間(s)	溫度(°C)	時間(s)	溫度(°C)
0	24.3887	540	55.2152
60	26.8027	600	53.5943
120	34.9648	660	53.9184
180	45.2706	720	53.1564
240	51.2568	780	51.6286
300	53.6541	840	50.3600
360	56.3108	900	49.1568
420	57.1667	960	49.0701
480	56.2029	1020	47.9149

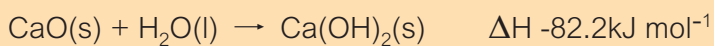
表一：15g 氧化鈣及 50cm³ 水混合後的溫度



飲品吸收的能量：

$$\Delta H = m c \Delta T$$

$$= 0.05 \times 4.2 \times 33 = 6.93 \text{ kJ}$$



$$\text{CaO(s)的摩爾數} = \frac{15}{56.1}$$

反應放出的能量：

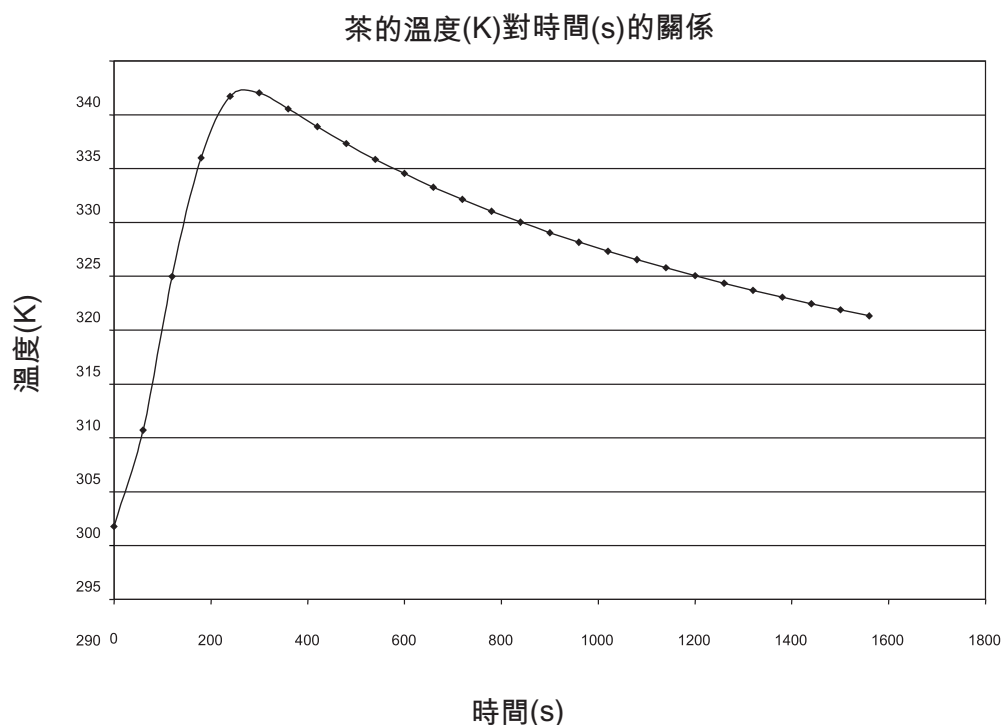
$$\Delta H = 82.2 \times \frac{15}{56.1} = 21.98 \text{ kJ}$$

$$\text{加熱效率} = \frac{6.93}{21.98} \times 100\% = 31.5\%$$

第二部分

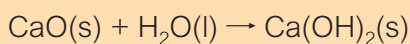
時間(s)	溫度(℃)	時間(s)	溫度(℃)
0	23.6204	1200	46.8904
60	32.5616	1260	46.2063
120	46.8461	1320	45.5184
180	57.8448	1380	44.8941
240	63.5621	1440	44.3128
300	63.8527	1500	43.7395
360	62.4111	1560	43.1842
420	60.7536	1560.5	43.1745
480	59.1636	1561	43.1716
540	57.7140	1561.5	43.1677
600	56.3858	1562	43.1614
660	55.1132	1562.5	43.1620
720	53.9817	1563	43.1568
780	52.8814	1563.5	43.1494
840	51.8918	1564	43.1472
900	50.8875	1564.5	43.1443
960	50.0289	1565	43.1398
1020	49.1821	1565.5	43.1358
1080	48.4049	1566	43.1324
1140	47.6400	1566.5	43.1227

表二：50cm³ 茶的溫度(15g氧化鈣與 50cm³ 水在鋁罐中混合，再把鋁罐放入 50cm³ 茶中)



可進一步討論的問題

1. 已知氫氧化鈣、氧化鈣及水的標準生成焓變分別為 -1003 kJ mol^{-1} 、 -635 kJ mol^{-1} 和 -286 kJ mol^{-1} ，計算以下反應的標準反應焓變，並與實驗所得的結果作比較。



2. 怎樣改善裝置的加熱效率？
3. 有一款自熱飯盒是利用三水醋酸鈉作為發熱原料。討論這種自熱包裝的原理。與氧化鈣比較，使用三水醋酸鈉作為發熱原料有甚麼好處和壞處？

參考資料

- Boschmann, E. (1970). A classroom demonstration of exothermicity. *Journal of Chemical Education*. 47, p.A206.
- Brouwer, H. (1996). Work done by a chemical reaction. *Journal of Chemical Education*. 73, p.354.
- Hornbeck, L. G. (1966). Heat of hydration of CaO. *Journal of Chemical Education*. 43, p.A1079.
- Kato, C., Munson, L. & Kay, R. (1963). Heat of hydration of lime. *Journal of Chemical Education*. 40, p.A885.





化學科合用的探究課題



化學科合用的探究課題

甲・定量分析

果汁中的丙種維生素



丙種維生素(抗壞血酸)對健康十分重要。缺乏丙種維生素會引致壞血病。你可從水果和蔬菜中獲取丙種維生素。哪種食品含有較多的丙種維生素？你可以用滴定法測量不同食品的丙種維生素含量。你可以：

- 比較不同水果的丙種維生素含量(例如橙、奇異果、檸檬等)，並找出哪種水果含有最多的丙種維生素。
- 探究溫度對某種水果的丙種維生素含量的影響。

(提示：丙種維生素是一種弱的還原劑)

食物是否含有過量的二氧化硫？



二氧化硫可用來保存食物，特別是水果、乾的食品和葡萄酒。但是，若加工食品殘留太多二氧化硫，不單令食品帶有一種異味，亦會引致敏感。

你是一家測試實驗室的化學家。你接受了消費者委員會委托，要測定龍眼和金針菜中的二氧化硫含量是否過高。你需要考慮：

- 要使用哪種分析方法？你的方法有甚麼限制？
- 你需要多少樣本？
- 你要怎樣準備所需的樣本作分析？
- 每日可以攝取多少二氧化硫？

你的結果是否反映上述市售的食品含有過量的二氧化硫？

氯漂白劑需要多久才會變質？



在空氣中靜置的氯漂白劑會慢慢失去功效。你是一家漂白劑生產公司的化學家，你要探究在不同條件下漂白劑變質的速度是否明顯不同。你需要考慮：

- 為甚麼經存放的漂白劑濃度會改變？
- 可以怎樣監察漂白劑有效成份的濃度的改變？
- 怎樣探究不同因素(例如陽光、溫度)對漂白劑濃度的影響？

你的結果會否反映漂白劑變質是生產商和用戶的一大難題？

洗衣粉和清潔劑是否含有過量的磷？



大部分的家用洗衣粉和清潔劑都加了「磷」，以提升清洗功效。但是，如果排出太多磷入海或河流，就會引致「富養化作用」。由於清潔劑的磷對環境帶來很多害處，我們決定分析市面上不同牌子的清潔劑，比較其磷含量。

你可以：

- 用比色法比較不同牌子清潔劑的磷含量。

測定加工肉類的亞硝酸鹽含量



亞硝酸鈉(NaNO_2)廣泛用作保存肉類和食物，含有亞硝酸鈉的肉類呈粉紅色。但是，攝取過量的亞硝酸鈉會令血液的血紅素下降，長期過量攝取更會導致營養不良和縮短壽命。此外，在特定條件下，蛋白質在自然分解過程中的生成物(稱為胺)，會與亞硝酸鈉結合，形成亞硝胺。動物測試發現，大部分亞硝胺是致癌物。我們可以使用光譜法或滴定法測定加工肉類製品的亞硝酸鹽含量。你可以：

- 選用以上的一種方法，比較數種肉類製品的亞硝酸鹽含量；
- 找出哪種產品含有最高的亞硝酸鹽含量，並指出這含量是否超出可接受的水平。

乙・製備實驗

生物柴油

在1973年出現的石油危機逼使全球尋覓化石燃油的替代品。近期石油價格大幅波動，令人們再次關注上述議題。全球都在認真研究，科學家成功研究製成一些替代品，例如乙醇和生物柴油。

利用廢棄煮食油和脂肪，透過與甲醇進行酯基轉移作用，製備生物柴油。

試製備生物柴油，並和柴油性質例如燃燒熱作比較。

過期牛奶製成有用產品



你是一家乳製品公司的化學家，某天你的上司收到一批退回的過期牛奶，他要求你嘗試把這些產品轉化為有用的產品出售。

利用過期牛奶製備有用的產品，並比較製成品和相似的商品的質量。

在柑橘類果皮提取檸檬萜



檸檬萜是天然存在的物質，可在綠薄荷、葛縷子、檸檬和柳橙的精油中找到。按重量計算，橙皮茸（橙色的部分）含有0.5-1.0%檸檬萜。檸檬萜可以取代有毒和有危險的源自石油的化學品。要分離檸檬萜，兩個最普遍的方法是溶劑萃取和蒸汽蒸餾。

請使用以上其中一個方法，從幾個水果樣本提取檸檬萜，並比較其含量。

制定一條優質肥皂泡液的方程式



很多兒童都喜歡玩肥皂泡。你是一家大型玩具店的產品發展部的科學家。最近，你要為玩具店找出一條優質肥皂泡液的方程式。你需要考慮：

- 肥皂泡是怎樣形成的？
- 好的方程式需符合甚麼準則，例如可在空氣中保留較長時間、製造最多的肥皂泡抑或形成最大的肥皂泡？
- 溶液哪種成份會影響肥皂泡的性質？

較環保的漂白劑



常用的漂白劑是一種化學品，可以漂白或氧化物質。常見的化學漂白劑的主要成份為次氯酸鈉(常稱為氯漂白劑)和次氯酸鈣(漂白粉)。家居用戶和清潔工人常常使用氯漂白劑作消毒之用。漂白劑和含氨的清潔劑混合會釋放有毒的氯胺氣並引起揮發性爆炸。你需要設計一個有效但較環保的化學漂白方法。

丙・設計與製造

即用冷敷袋



運動員受傷時，例如拉傷肌肉和扭傷關節，會使用冷敷袋以減輕傷患部位的腫脹。某類冷敷袋包括了裝了一種乾的化學品的大袋，以及一個盛載水的內袋。要使用冷敷袋時，首先要弄破含水的內袋的封口，再用力搖動冷敷袋。這樣，水和乾的化學品便會混合，起一個吸熱反應。

設計和製作一個冷敷袋，並測試其效能。

循環使用印刷電路板(PCB)蝕刻劑的銅



製造印刷電路板期間，可以用含氨的蝕刻溶液溶解電路表面的銅金屬。銅離子和蝕刻溶液的氨形成絡合物。廢蝕刻劑含有高濃度的有毒銅離子。循環使用廢蝕刻劑的銅不但可以減少對環境的危害，亦可以降低生產成本。

設計和製作一個可以循環使用廢蝕刻劑的銅的系統，並測試其效能。

室內二氧化碳過濾器

我們平均有超過八成時間留在家中、辦公室和其他的室內環境。二氧化碳是主要的室內空氣污染指標。生物會呼出二氧化碳。二氧化碳含量高的室內環境表示沒有充足的新鮮空氣，這種環境會令人昏昏欲睡，同時亦警告在室內可能積存了其他的污染物。一些如氧化鈣等化學品可以吸收室內的二氧化碳。

設計一個環保又經濟的室內二氧化碳過濾器，把室內的二氧化碳濃度減低至一個可接受的水平，並測試其效能。

二氧化碳測量儀

生物會呼出二氧化碳。二氧化碳含量高的室內環境不能提供充足的新鮮空氣。根據香港的空氣質素檢定計劃，如果CO₂水平達至800ppm，室內的人就會開始感到不適。這種環境會令人昏昏欲睡，同時亦警告在室內可能積存了其他的污染物。

設計和製作一個應用化學方法的儀器，顯示空氣的二氧化碳水平，並測試其效能。

淨水系統



供應乾淨的食水可能是一個大難題，特別在一些發展中國家。人們經常要在井或河流取用未經處理的水。這些水大多受到細菌和有毒金屬離子的污染。

設計一個低成本的可攜式系統，以去除食水中的有毒物質，並測試其效能。



表格



探究工作進度表

階段	日期	時間	地點
(a)搜尋並界定探究的題目 (約3小時)			
(b)訂定探究計畫 (約4小時)			
(c)進行探究 (約6小時)			
(d)組織和分析數據，作出合理結論 (約4小時)			
(e)以文字、海報或其他形式，簡報探究的結果 (約3小時)			

組員資料

組別編號：_____

角色	姓名	電郵地址	電話
組長			
副組長			
組員			
組員			
組員			

資料搜集記錄表

組別編號：_____ 第一頁，共_____頁

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

資料搜集記錄表

組別編號：_____ 第二頁，共_____頁

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

資料搜集記錄表

組別編號：_____ 第三頁，共_____頁

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

書籍名稱/網址：_____

作者：_____ 出版者/機構：_____ 年份：_____

閱讀/瀏覽日期：_____ 研究資料所用的時間：_____

有關的資料：

計畫書

組別編號：_____

探究研習的題目：_____

目的：_____

進行探究的原因：_____

進行實驗的數目：_____

實驗的名稱：

實驗所需的物品：

請寫出所需化學品名稱和分量以及實驗儀器名稱和數量：

化學品名稱及分量 (例：10 克CaO(s))	實驗儀器名稱及數量 (例：250cm ³ 燒杯 x 2)

風險評估

請列出所用或將會生成具潛在危險的化學品、步驟及儀器，以及與其相關的危險。並請準備控制風險的方法及安全措施，以及一旦意外發生時應採取的緊急程序。最後，請寫出如何正確處理棄置殘餘物。

所用或生成危險物質及具潛在危險的步驟或儀器	危害的性質 (如：有毒的、易燃的)	控制風險的方法及安全措施 (如：採用危險性較低的化學品、減少物品用量、使用煙櫥或安全擋板、戴上防護手套或安全眼鏡等)	意外發生時應採取的緊急程序	資料來源 (如：科學實驗室安全手冊，ICSCs、MSDSs或Hazardcards等)

處理棄置殘餘物的方法：

程序：

實驗裝置及設計圖
(標示各部分並解釋其功用)

程序：（請依照實驗步驟說明你的計畫或以列點方式寫出你的設計）

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

預期結果及發現：

你作出以上預期結果的原因：

主要的參考來源：

教師簽署：_____日期：_____

會見教師記錄表

組別編號：_____

探究研習的題目：_____

會面日期：_____ 時間：_____

此探究研習要澄清的事項：

已完成的工作：

所遇到的困難及解決方法：

教師建議/評語：

下次面見前要達成的目標：

下次面見的日期、時期及地點：_____

教師簽署：_____ 日期：_____

觀察及量度數據記錄表

組別編號：_____ 頁一，共_____頁

探究研習的題目：_____

在以下空格記錄實驗結果。想清楚應如何作記錄，及要記錄那些數據。有需要時請用列表方式表達。請緊記寫下所有的觀察及量度結果，以減少實驗誤差，及獲取可靠的證據。

教師簽署：_____日期：_____

觀察及量度數據記錄表

組別編號：_____ 頁二，共_____頁

探究研習的題目：_____

在以下空格記錄實驗結果。想清楚應如何作記錄，及要記錄那些數據。有需要時請用列表方式表達。請緊記寫下所有的觀察及量度結果，以減少實驗誤差，及獲取可靠的證據。

教師簽署：_____ 日期：_____

觀察及量度數據記錄表

組別編號：_____ 頁三，共_____頁

探究研習的題目：_____

在以下空格記錄實驗結果。想清楚應如何作記錄，及要記錄那些數據。有需要時請用列表方式表達。請緊記寫下所有的觀察及量度結果，以減少實驗誤差，及獲取可靠的證據。

教師簽署：_____日期：_____

計算記錄表

組別編號：_____ 頁一，共_____頁 日期：_____

探究研習的題目：_____

請在以下空格展示你的計算：

計算記錄表

組別編號：_____ 頁二，共_____頁 日期：_____

探究研習的題目：_____

請在以下空格展示你的計算：

數據分析記錄表

組別編號：_____ 頁一，共_____頁 日期：_____

探究研習的題目：_____

在以下空格，寫出你如何修正實驗的程序、評論研習所得結果及實驗誤差來源。請列出建議以作改善，以及探究研習的結論等。有需要請用附加紙張。

(i) 實驗程序的修正方案

數據分析記錄表

組別編號：_____ 頁二，共_____頁 日期：_____

探究研習的題目：_____

在以下空格，寫出你如何修正實驗的程序、評論研習所得結果及實驗誤差來源。請列出建議以作改善，以及探究研習的結論等。有需要請用附加紙張。

(ii) 評論研習所得結果

數據分析記錄表

組別編號：_____ 頁三，共_____頁 日期：_____

探究研習的題目：_____

在以下空格，寫出你如何修正實驗的程序、評論研習所得結果及實驗誤差來源。請列出建議以作改善，以及探究研習的結論等。有需要請用附加紙張。

(iii) 實驗誤差來源，以及改善建議

(iv) 結論

教師評核表

學生姓名：_____ 班別：_____ 組別編號：_____

探究研習的題目：_____

評核標準：

計畫	比重 (最高分數)	組別分數	學生個人分數
計畫的可行性			
運用合適的方法及參考資料			
實驗步驟			
儀器及化學品的選擇			
風險評估			
小計			

過程：

實驗技巧及安全措施			
觀察及數據紀錄			
實驗結果的質素			
解難能力及時間管理			
參與程度			
小計			

報告：

運用化學術語及語言的能力			
數據處理與分析			
結果的闡釋			
實驗結果的評估及結論的效度			
溝通技巧			
小計			
總計分數			

評語：

教師簽署：_____ 日期：_____

自我及同儕評估表

姓名：_____ 班別：_____() 組別編號：_____

探究研習的題目：_____

請為自己及同組成員在每個範疇的表現評分，分數為1至3分。

(3 = 高於平均，2 = 平均，1 = 低於平均)

範疇	自己	同組成員(全名)			
計畫過程					
進行實驗					
數據收集					
數據分析					
寫報告					
提出意見及想法					
總分					

你負責探究研習的哪些部分？

在整個探究研習的期間，你學會了些什麼？(有需要請用附加紙張。)

簽署：_____ 日期：_____

筆記

