

題目：數學解密 — 在小三至小五數學課堂推行 STEM 活動

講者： 蕭霞萍女士（教育局 小學校本課程發展組）
陳偉華老師、陳慧君老師（浸信宣道會呂明才小學）
何廷哲老師、曾燕芬老師（寶血會思源學校）
賴永康老師、余朗源老師（英皇書院同學會小學）

引言

隨著《2015 年施政報告》提到：「教育局會更新及強化科學、科技及數學課程和學習活動，並加強師資培訓，讓中小學生充分發揮創意潛能」（香港特別行政區政府，2015，頁 30），STEM 教育的推展隨即成為學界關注的焦點之一。

教育局課程發展議會於 2016 年 12 月公佈《推動 STEM 教育 — 發揮創意潛能》報告，提出 STEM 教育的建議和策略，當中提到「STEM 教育的主要目標，包括讓學生建立穩固的知識基礎，提高他們對科學、科技和數學的興趣；加強他們綜合和應用知識與技能的能力；培養他們的創造、協作和解決問題的能力；以及培育與 STEM 相關範疇的人才，以促進香港的發展」（課程發展議會，2016，頁 1）。與此同時，教育局亦陸續更新相關課程，並且發展及提供相關資源，以支援學校強化 STEM 教育。

數學教育學習領域在 STEM 教育的定位

STEM 是代表科學(Science)、科技(Technology)、工程(Engineering)及數學(Mathematics)各英文譯寫的首字母縮略詞。推動 STEM 教育是配合全球的教育趨勢，以裝備學生應對社會及全球因急速的經濟、科學及科技發展所帶來的轉變和挑戰。在香港現行課程中，STEM 教育是透過科學、科技及數學教育推動的(課程發展議會，2016)。

在小學方面，如以正規課程開展 STEM，大部分學校會選擇常識科，因為常識科包含了科學教育和科技教育兩個學習領域，當中的教學策略與 STEM 性質相近，加上課程設計較具彈性，是一個合適的切入點。那麼，如果以數學科作主導開展 STEM，校本課程設計又該如何定位呢？

就上述問題，我們參考了 2017 年修訂的《數學教育學習領域課程指引(小一至中六)》，當中提到：「在 STEM 教育中，數學扮演著一門為學生裝備有關代數、幾何、數據處理和邏輯推理的知識和能力的學科，它幫助學生綜合和應用不同學科的知識及技能，以實際可行的解決方案和創新的設計解決現實生活問題」，以及「STEM 不是數學科的一個新範疇，而是著重在不同情境中應用數學，當中不同程度地綜合了科學和科技元素。」(課程發展議會，2017，頁 35-36)

此外，在數學科推展 STEM，我們還需考慮課時有限的問題。雖然更新後的課程每年預留 10 小

時的「探索與研究」環節，讓學校靈活使用，然而老師認為不能全部用作 STEM 活動，畢竟不少數學概念相當抽象，需要透過多元化的學習活動才能建構知識，這些活動亦佔去不少課時。如何將這些學習活動和 STEM 活動有機地結合，以解決課時有限的問題？便成為學校關注的事項之一。

綜合課程指引提出的觀點和學校的關注，在設計校本 STEM 課程時，我們首先訂立了 4 個基本原則：

1. 綜合和應用 STEM 相關科目的知識和技能；
2. 凸顯數學元素；
3. 以現實生活問題引入；
4. 配合課題進行簡單的探究活動。

上文所指的「簡單探究活動」，是在設計 STEM 活動時，首先把過於艱深的科學概念淺化至適合小學生學習的程度，然後由老師透過工作紙提供鷹架，引導學生進行探究，以及設計過程解決問題，並在有限的課時內完成活動。

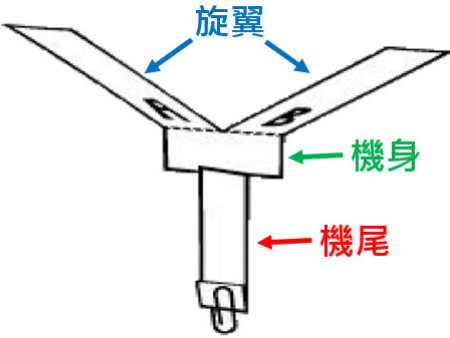
由於以數學科作主導開展 STEM 仍處於萌芽階段，有關方面的學與教資源並不多。為了促進交流，是次分享會邀請了三所學校，包括：浸信宣道會呂明才小學、寶血會思源學校和英皇書院同學會小學，為我們分享相關經驗。

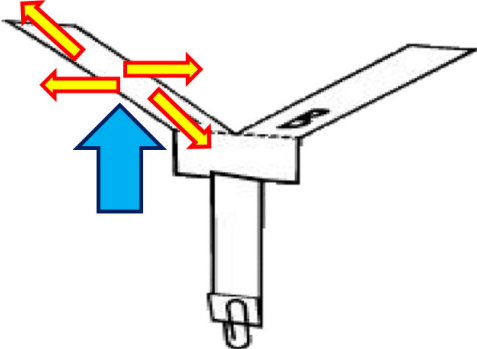
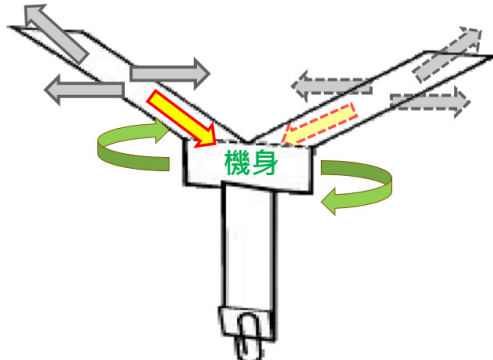
浸信宣道會呂明才小學 — 化學反應篇

年級	小三
學習單位	容量
探究題材	史萊姆(鬼口水)
活動形式	相連教節試後活動
數學知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 容量(利用針筒量度隱形眼鏡清洗液的份量) ● 重量(利用電子磅量度史萊姆的重量) ● 時間(利用計時器量度時間) ● 四則運算(計算膠水和隱形眼鏡清洗液的份量組合、製成品的成本及售價等。)
科學知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 史萊姆俗稱鬼口水，是一種凝膠狀玩具。 ● 製作史萊姆的主要材料包括膠水、隱形眼鏡清洗液和食用蘇打粉。 ● 膠水的主要成份是聚乙烯醇，隱形眼鏡清洗液的主要成份是硼酸。 ● 當聚乙烯醇和硼酸混合，便會產生化學反應，生成新的物質史萊姆。
科技知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用電子磅量度史萊姆的重量。
活動目的	<ul style="list-style-type: none"> ● 認識製作史萊姆的方法和簡單原理。 ● 透過改變製作配方，讓學生比較不同製成品的效果，以及考慮製作成本，找出最佳配方來製作史萊姆。 ● 在學校的籌款活動中進行義賣。

活動流程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用翻轉課堂讓學生觀看短片，認識史萊姆的製作方法及用途。 2. 老師在課堂上跟進預習內容，然後講解實驗規則。 3. 學生進行分組實驗，每組獲發某一特定的材料份量製作史萊姆。 4. 完成後，老師指示學生測試製成品的性質，包括形態、彈性、黏手度和延展性。 5. 各組輪流到其他組別評審、測試及記錄製成品的效果。 6. 討論如何找出史萊姆的淨重量，並明白製成品愈重，表示使用材料的份量愈多，即成本愈高。 7. 學生按照製成品的效果及成本，選擇製作史萊姆的配方。 8. 學生按所選配方計算史萊姆的成本及售價，並解釋原因。
反思	<ul style="list-style-type: none"> ● 由於最佳配方並無標準答案，學生對製成品效果的主觀感受往往影響了他們的選擇，因此設下目的和任務能給予學生清晰的探究方向。 ● 老師要準確拿捏科學概念的深度，並鼓勵有興趣的學生自行搜尋真相，以提升他們自主學習的能力。 ● 活動能有效照顧學習差異，例如： <ul style="list-style-type: none"> - 學生普遍能記錄他們在活動中的發現，能力較高的學生能自行在網上搜尋生成史萊姆的過程，然後以自己的文字及輔以圖像來敘述過程中產生的交聯作用或化學反應。 - 在計算史萊姆的售價時，能力較高的學生能把人工和製作時間計算在成本之內，並能給予合理的解釋。 ● 活動進行前老師親身參與製作過程，也測試過不同的配方，進行過多次的測試、修改、再測試、再修改，直到最終的製成品出爐，其實老師正親身經歷了一次工程設計的過程，而工程設計就是不斷修改完善的過程，重要的是不要怕失敗，並且享受過程。

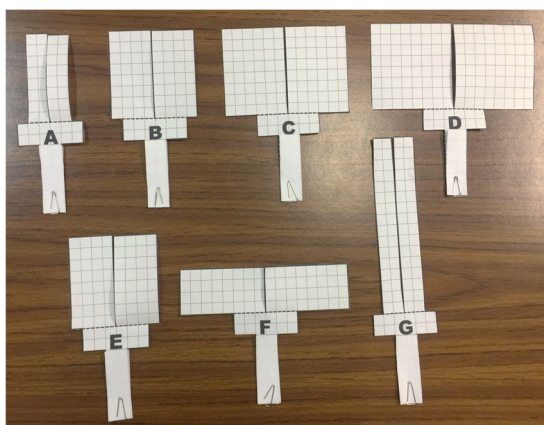
寶血會思源學校 — 工程設計篇

年級	小四
學習單位	面積
探究題材	<p>紙蜻蜓</p> 
活動形式	半天試後聯課活動(STEM DAY)
數學知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 面積(紙蜻蜓旋翼的大小和長闊比例)

	<ul style="list-style-type: none"> ● 對稱(紙蜻蜓兩隻旋翼的形狀) ● 比例(將小型紙蜻蜓按比例放大 3 - 4 倍) ● 時間(利用秒錶記錄紙蜻蜓下降到地面所需的時間)
科學知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 當紙蜻蜓下降時，空氣會承托着紙蜻蜓的旋翼，並在旋翼的四周流走。  <ul style="list-style-type: none"> ● 有些空氣在流走時會撞向機身。當 2 隻旋翼上的空氣同時撞向機身，便會產生旋轉力量，令紙蜻蜓旋轉。 
工程設計	<ul style="list-style-type: none"> ● 經可行性研究，在確定可行的條件下解決問題。 ● 學生根據要求，製作不同面積或長闊比例的旋翼，再經過一連串的測試過程，找出可行的方案，即最佳的旋翼設計，然後按比例倍大紙蜻蜓，完成運送「物資」的任務。
科技知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用 iPad 錄影小型紙蜻蜓下降的片段，以便進行數據分析。
活動目的	<ul style="list-style-type: none"> ● 認識紙蜻蜓的結構及製作要求。 ● 製作旋翼面積及長闊比例不同的紙蜻蜓，並進行公平測試。 ● 探討紙蜻蜓旋翼面積的變化對飛行的影響。 ● 認識紙蜻蜓的運作原理。 ● 根據測試，按比例倍大紙蜻蜓，並從四樓運送雞蛋到地面。 ● 總結影響紙蜻蜓飛行的因素，並探討利用工具輔助空投物資到災區的可行方案。

活動流程

1. 與學生討論運送救援物資到災區時，若遇上陸路交通癱瘓，便需要利用空投方式來運送物資，但直接從高空投下物資會令盛載物資的容器砸爛裂開，災民最終得不到物資。老師藉此引起動機，著學生思考：
 - 如何透過簡單工具輔助空投物資？
 - 該工具需符合什麼條件？
2. 介紹及討論紙蜻蜓的製作要求。
3. 分組製作小型紙蜻蜓：
 - 固定翼長，製作 4 隻闊度不同的紙蜻蜓。
 - 固定面積，製作 4 隻長闊比例不同的紙蜻蜓，其中一隻由學生自行設計。

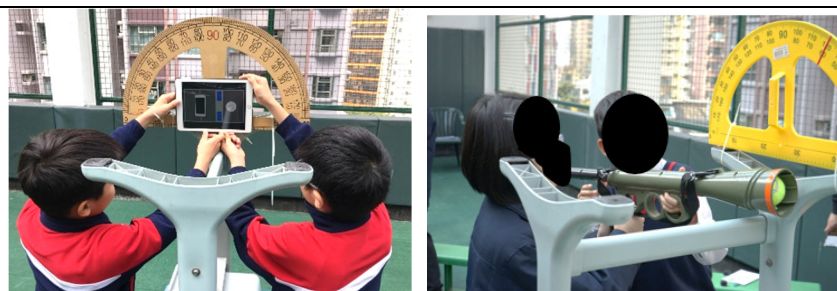


4. 到禮堂進行測試：
 - 每組派 2 名同學負責到禮堂樓座投放紙蜻蜓到禮堂地面。
 - 另外 2 名同學負責計時、攝錄及填寫記錄表。
 - 測試完畢後共同探討在「固定翼長」和「固定面積」的情況下，不同旋翼的紙蜻蜓在墜落時間、穩定性和翻轉幅度的表現。
5. 探究問題：
 - 紙蜻蜓旋翼的面積是否愈大愈理想？
 - 相同面積的紙蜻蜓的表現是否相同？
 - 當紙蜻蜓旋翼的面積很小時(例：8X2)，會有甚麼問題出現？
 - 當紙蜻蜓旋翼的面積很大時(例：8X6、8X8)，會有甚麼問題出現？
 - 比較窄而長(例：8X4、16X2)、闊而短(例：4X8)的旋翼形狀，哪一種較理想？
6. 組間互學，進行跨組及跨班交流互學：
 - 每組派 2 人到另一組進行交流
 - 比較 2 組的測試結果的異同
 - 分析最理想的紙蜻蜓的結構
7. 老師講解紙蜻蜓的運作原理。
8. 找出最理想的旋翼設計，並按比例倍大紙蜻蜓。
9. 測試倍大版紙蜻蜓，將雞蛋從四樓運送到一樓地面，雞蛋沒有破裂

	<p>為之成功。</p> <p>10. 總結及分享：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 你們認為紙蜻蜓的最理想設計是怎樣的？ - 你們製作超級紙蜻蜓時遇到甚麼困難？ - 試分享你們的製作心得及感想。 - 如果有機會再製作超級紙蜻蜓，你們會在哪幾方面進行改良？
反思	<ul style="list-style-type: none"> ● 老師普遍認同此課程能增強學生的學習動機，頗多平時表現不突出的學生在半天的探究活動中相當投入，學生之間有很多互動和協作的機會，有助提升學生的共通能力。 ● 大部份教師認為半天的 STEM DAY 課時不足，建議把課時延長至一天，或將引起動機部分改作翻轉課堂教材，以騰出時間作更深入的討論。

英皇書院同學會小學 — 運動科學篇

年級	小五
學習單位	角(度)
探究題材	推鉛球
活動形式	6 節跨科協作活動(數學科及體育科)
數學知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 角(度) <ul style="list-style-type: none"> - 認識度($^{\circ}$) - 以度為單位，量度和比較角的大小 - 繪畫指定大小的角，應用於量度最佳角度 ● 分數 <ul style="list-style-type: none"> - 應用於解釋拋體運動
科學知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 當鉛球被拋擲出去後，基本上影響它的力就只剩下重力。 ● 因為重力只會向下拉，所以也只會改變鉛球垂直方向的速度，水平方向的速度則不會有任何變化。 ● 把鉛球水平拋出一定不會比微微向上拋出擲得遠，因為斜拋出去的鉛球帶有垂直方向的初速度，代表它能在空中停留較長的時間再落地，而這多出來的時間可讓這物件朝水平方向飛行更久。但如果拋擲角度太高，則會大大降低水平方向的速度。(大石國際文化有限公司，2014)
科技知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用 iPad 拍攝功能和 Angle Meter 應用程式拍攝及量度學生推鉛球的出手角度。 ● 透過「拋射運動模擬器」探究拋體運動的原理。 <ul style="list-style-type: none"> - https://phet.colorado.edu/zh_TW/simulation/projectile-motion
工程知識	<ul style="list-style-type: none"> ● 學生動手製作發射台，使網球發射器可以公平和準確地以不同角度發射網球。



<p>活動目的</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 以田徑比賽作背景，讓學生進行科學探究及實驗，找出推鉛球的最佳投擲角度，從而提升學生在學屆運動會推鉛球的成績。 ● 提升數學科在 STEM 教育的重要性。 <ul style="list-style-type: none"> - 數學源於生活，更應用於生活，若能設計一個以數學知識為主導的學習活動，定能喚起學生對學習數學科的好奇心及熱愛。 ● 配合數學科新課程的學習內容進行教學。
<p>活動流程</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用 Edpuzzle 進行翻轉課堂讓學生認識角(度)，資源取自教育電視。 2. 第一節 體育課 <ul style="list-style-type: none"> - 學習推鉛球。 - 用 iPad 的錄影功能記錄學生推鉛球動作。 - 用 Angle Meter 應用程式量度出手角度。 3. 第二節 數學課 <ul style="list-style-type: none"> - 討論影響距離的因素：角度、力度、出手差異、出手高度、風向。 - 設計實驗流程，進行公平測試。 - 作出假設：推斷哪一個角度(0°, 20°, 40°, 60°)能把鉛球推得最遠，並作出解釋。 4. 第三節 數學課 <ul style="list-style-type: none"> - 學生動手製作發射台，使網球發射器可以公平和準確地發射不同角度。 5. 第四節 數學課 <ul style="list-style-type: none"> - 探究活動：學生利用網球發射器以特定的角度(0°, 20°, 40°, 60°)射出網球，然後收集、整理及分析數據，再把以上 4 個角度所得的距離排序，找出當中的最佳角度，並推測原因。 - 解釋原理：透過「拋射運動模擬器」了解拋體運動的原理，並作出解釋。 6. 第五節 數學課 - 延伸學習 <ul style="list-style-type: none"> - 透過「拋射運動模擬器」探究有空氣阻力和沒有空氣阻力的分別。 - 討論 45 度是否最佳的投擲角度，並與學生的測試結果作比較。

	7. 第六節 體育課 - 應用實驗結果，改善推鉛球的表現。
反思	<ul style="list-style-type: none"> ● 活動富趣味性，讓學生明白到數學和科學有著緊密的聯繫，能有效提升學習動機和學習成效，也能提升學生對田徑運動的喜愛。 ● 應用實驗結果到第二次推鉛球上，學生的表現普遍有所進步，大大提升了他們對 STEM 教育的學習興趣。

總結

綜觀以上三個 STEM 活動示例，均具備其校本特色和獨特的內涵。且不說最終成效如何，老師一致認同學生的學習過程比結果更重要，因學生確實經歷了「綜合和應用不同學科的知識及技能，以實際可行的解決方案和創新的設計解決現實生活問題」(課程發展議會,2017,頁 36)，這正好呼應了前文提及數學教育學習領域在 STEM 教育的定位。

更令老師欣喜的是，學生除了學習不同學科的知識及技能外，還能透過 STEM 活動的學習經歷，真正體會到以學生為中心的學習，並能在不同方面發展他們廿一世紀的學習能力，包括分析問題，搜集資料，進行探究或設計等，從而建構解決問題所需要的新知識。而老師也由知識的傳授者，蛻變為學習的促進者，與學生一起學習，一起探索，一起尋求解決問題的方法。

參考文獻

1. 香港特別行政區政府(2015)。2015 年施政報告。香港：政府印務局。
2. 瑞特·亞蘭 著；陳駿 譯(2014)。憤怒鳥力量的祕密：憤怒鳥教你認識物理學。台北市：大石國際文化。
3. 課程發展議會(2016)。推動 STEM 教育 — 發揮創意潛能。香港：政府印務局。
4. 課程發展議會(2017)。數學教育學習領域數學課程指引（小一至中六）。香港：政府印務局。