



教育部國教署 109 學年度中小學科學教育計畫

成果報告書



計畫編號：045

計畫名稱：發展融入多重表徵的 5E 探究式科學素養導向
教材之研究(2/3)

主持人：張英琦

執行單位：南投縣立延和國民中學

中華民國一一〇年七月

目次

壹、緒論	1
一、研究背景與動機	1
二、研究目的與具體目標	2
三、名詞釋義	2
貳、文獻探討	5
一、科學素養之意涵與科學素養導向教學	5
二、多重表徵教學對培養科學素養的重要性	7
三、5E 探教式教學策略	9
參、研究方法	11
一、研究設計	11
二、研究對象	11
三、研究流程	11
四、研究工具	13
五、資料收集與分析	13
肆、計畫執行成果與研究發現	15
一、社群運作成果	15
二、溫度與熱單元教材發展與教學成果	18
三、力與壓力單元教材修改與教學成	25
四、辦理科學闖關活動成果	33
五、教師與學生反思心得歸納	36
伍、結論	41
參考文獻	43
一、中文文獻	43
二、英文文獻	43

壹、緒論

一、研究背景與動機

為落實 108 新課綱重視培養學生問題解決知識、技能與態度之素養導向教學精神(教育部, 2014)。本研究團隊去年藉由申請並執行 108 年中小學科學教育專案計畫, 組成自然科領域教師實務社群, 以科學素養導向教學為共同目標, 透過共學共同發展科學素養導向教材, 不僅提升研究者任教學校自然科領域整體之科學素養教學能力, 並將發展的科學素養教材實際應用於教學現場, 以培養學生科學素養。本研究團隊於 108 年之科教專案計畫旨在發展融入多重表徵之 5E 探究式科學素養導向之力與壓力單元教材。多重表徵的融入乃基於發展「符號運用與溝通表達」之核心素養, 培養學生使用諸如文字表徵、力圖表徵、表格表徵、關係圖表徵、實物表徵或數學表徵等進行溝通表達與推論之能力。而 5E 探究式教學策略的採用不僅讓教師在發展教材以及進行探究教學活動的過程中更有階段性可以依循, 進而能夠將掌握的具體核心素養融入教學; 5E 更能讓學生有足夠的時間互動, 與同儕一起經歷科學探究的過程, 進而培養學生「科學探究能力」以及「人際關係與團隊合作」之核心素養。

本年度計畫將延續上一年度之計畫, 除了依據研究結果修正已發展的力與壓力單元並進一步推廣外, 更將以溫度與熱為例發展一個新的教學單元, 連同先前設計的單元一起投入實際教學。藉此, 希冀社群內的自然科教師能夠具備更傳業的科學素養導向之教材發展與教學能力, 並能有效培養學生具備核心素養。本年度計畫發展的溫度與熱單元, 亦即熱學概念, 包括溫度與溫度計、熱量與比熱、熱的傳播方式和熱對物質的影響等主題。此單元涵蓋的概念在日常生活現象中處處可見, 是一個很能跟學生生活經驗結合在一起的單元。例如, 生活中會用到液體溫度計、固體溫度計、耳溫槍等, 有時也需要溫標換算; 沿海地區晝夜及四季溫度變化較內陸地區小; 沙子曬太陽溫度上升比海水快; 冬天坐鐵椅子感覺比較冰; 蓬鬆的羽絨衣比較保暖; 冷氣機與暖氣機擺放位置不同.....等等。再者, 除了文字表徵外, 學生在學習這個單元時也常使用到實物表徵(液體溫度計、固體溫度計、不同溫標溫度計等)、表格表徵(紀錄加熱時間、質量、溫度、溫度變化等)、關係圖表徵(溫度-加熱時間關係圖、溫差-加熱時間關係圖等)、數學表徵(溫標換算、 $H=MS\Delta T$...)等不同型式表徵。由此可見, 作為發展融入多重表徵之 5E 探究式教材之主題, 溫度與熱單元是一個相當好的例子。藉此不僅社群成員能夠在科學素養導向教材設計與教學之專業上更成長, 學生也能在學習這個主題時, 充分使用不同型式的表徵與同儕互動, 培養「符號運用與溝通表達」與「人際關係與團隊合作」之核心素養。

此外，在上一年度發展教材過程中，社群的成員也發現到多重表徵的教學環境下，不同表徵間連結的重要性，例如學生在探討彈簧所受外力與其伸長量的關時，不僅要實際操作不同重量砝碼對彈簧伸長量的影響，也要能夠利用表格表徵將觀察之相關數據(即外力與彈簧長度)紀錄在表格表徵中，更要能夠將表格內的數據轉換成彈簧所受外力與長度或伸長量的關係圖。上述即所謂之表徵轉譯，意指從一種表徵到另一種不同表徵的過程(Janvier, 1987)。過去的文獻也指出，多重表徵的教學不僅要培養學生每一種表徵使用之能力，以及了解表徵與領域之間的關聯，更要培養學生連結不同的表徵，並且能夠在不同表徵間轉譯(Ainsworth, 2008 ; Kozma, 2003 ; Waldrip, Prain, & Carolan, 2010 ; Wu & Puntambekar, 2012)。因此，本年度計畫在融入多重表徵時，不僅將更充分地考量培養學生多重表徵的使用能力，也將更進一步考量培養學生表徵轉譯的能力。

最後，為了將本計畫提升科學素養導向教學及培養學生科學素養之目的與想法傳達給全校師生，本計畫社群成員在執行計畫過程中也將辦理全校性的科學闖關活動，除了社群內教師能夠將教材發展中的活動融入科學闖關外，也邀請所有自然領域內的教師、以及科技領域的教師共同參與。更甚者，擔任闖關活動的關主主要為上一年度參與計畫的學生，這讓他們有機會應用所學到的概念設計闖關活動；而闖關的學生則包含本年度參與計畫的學生。

二、研究目的與具體目標

基於上述研究背景與動機，本計畫之研究目的為組成教師實務社群，透過共學共同發展科學素養導向教材，藉此提升社群成員之科學素養教學能力，並將發展的科學素養教材實際應用於教學現場，以培養學生科學素養。具體目標如下：

- (一)以溫度與熱單元為例，發展一套全新的融入多重表徵之 5E 探究式科學素養導向教材。
- (二)實施溫度與熱科學素養導向教學，並探討其對學生科學素養表現的影響。
- (三)依據上年度研究發現與結論，修改力與壓力單元教材，並以此實施教學。
- (四)以本計畫教材發展過程中討論到的活動為主，辦理兩場校內大型科學闖關活動。

三、名詞釋義

(一)多重表徵

本計畫之多重表徵包含學生在學習力與壓力單元過程中所需用到的不同型式表徵，包含文字表徵、表格表徵、關係圖表徵、力圖表徵、數學關係表徵，以及讓學生動手操作之實物操作表徵。

(二)5E 探究式教學

指 Bybee 與 Landes (1988)所發展的 5E 探究式教學策略，透過參與(Engagement)、探究(Exploration)、解釋(Explanation)、精緻化(Elaboration)、評量(Evaluation)等五個階段讓探究教學活動的過程更有階段性可以依循。

(三)科學素養

本計畫所探討的科學素養包含學生之科學探究能力、多重表徵使用之溝通素養，以及合作學習素養。評量方式為以張惠博等人(2008 年)執行科技部 3C 科學課程研究區塊計畫所發展之"中學版 3C 素養量表作為評量工具。

貳、文獻探討

一、科學素養之意涵與科學素養導向教學

(一)科學素養的意涵

我國在108年實行的十二年國民基本教育課程綱要(以下簡稱108課綱)強調全人教養的精神,以「自發」、「互動」、「共好」最為基本理念(教育部,2014)。新課綱強調在學習自然科學的過程應培養學生對自然科學的興趣,培養學生成為自發主動的學習者,以符合「自發」的理念;並且培養學生能夠廣泛應用各種符號與工具,在探究與實作的過程中與他人及環境互動,以符合「互動」的理念,最後藉由對科學本質的了解,學生能夠欣賞大自然之美並善用並珍惜自然資源,以達到「共好」的理念。為達此理念,108課綱強調培養學生問題解決知識、技能與態度之素養導向教學。

新課綱在自然領域重視的是科學素養的培養,在核心素養對應總綱三個面向九個項目中(教育部,2018),本計畫聚焦在培養學生「符號運用與溝通表達」、「人際關係與團隊合作」、等兩個項目。其中「符號運用與溝通表達」在國中階段的核心素養具體內涵包含能在探究的過程中使用口語、影像、文字與圖案、繪圖或實物、科學名詞、數學公式、模型等進行溝通表達,並具有分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法之能力。而「人際關係與團隊合作」則為透過合作學習,發展與同儕之間的溝通、共同參與、共同執行及共同發掘科學相關知識與問題解決的能力。本計畫所發展融入多重表徵之5E探究式科學素養導向之教材正是為了培養學生上述兩項科學素養。其中多重表徵的教學環境乃基於欲培養學生「符號運用與溝通表徵」之核心素養;而5E探究式教學策略之採用則是透過有系統地探究策略發展教材以進行合作學習進而培養學生科學探究能力以及「人際關係與團隊合作」之核心素養。詳細說明如後。

(二)科學素養導向教學

培養學生核心素養過程中,教師無疑扮演關鍵的角色。靳知勤(2014)指出台灣當前急需解決的重大教育問題之一便是重視教師的科學素養養成;黃琇屏(2019)也認為教師應具備運有效的教學策略與內容幫助學生培養核心素養之能力;游自達(2019)進一步指出素養導向教學對第一線的老師們來說,不僅是全新的經驗更是重大的挑戰,教師們需要從課程發展到教學實踐掌握住核心素養的內涵。因此,本計畫為能夠落實108新課綱素養導向教學之精神,組成校內自然科教師實務社群,以具備發展科學素養導向教材並進行科學素養導向教學之能力為共同目標。希冀藉由解決共同的問題,透過共同參與、知識分享、發展工具等過程,實務社群內的教師成員都能獲得成長(Snyder, Wenger & Briggs, 1999)。

此外，在科學素養導向教學策略與教材方面，不論是教育部所頒發的108新課綱還是相關的文獻，都指出科學素養導向的教材以探究活動為主軸，以學生日常生活中的經驗為基礎，重視學生彼此間的互動、合作學習，並透過各種形式表徵進行表達、溝通與推論。其中，108新課綱自然科學領域綱要中之實施要點有針對教學實施提出建議，包括教師應以培養學生探究能力、分工合作的學習、獲得思考智能、習得操作技能、達成課程目標為原則；在設計教材時，宜以學生日常生活體驗，以既有知識或經驗為基礎，引導學生發現問題，進而培養學生擁有問題解決能力(教育部，2018)。而在文獻部分，新知勤(2007)指出為了提升學生的科學素養，除了讓學生了解基本的科學現象與科學原理外，也要培養學生具備問題解決的能力，更要培養學生在經歷思考的歷程中培養合理推論的能力；張欣怡、張淑苑、羅慶璋和洪振方(2015)指出培養學生具備科學解釋並運用科學證據進行推理的科學素養，課程設計應以學生知識整合為原則，重視連結學生個人知識與科學概念的課程。陳麗華等人(2017)也指出，科學素養導向的教材設計應以學生為中心，藉由日常生活中的知識、經驗與實例來提升學習態度，不僅要設計有趣的主動探究活動，更要重視跨領域的知識連結與能力培養。國外學者Wati, Sinaga 和 Priyandoko(2017)也指出，科學素養導向的教材應著重科學探究活動，藉由實踐經驗作為學習經驗以培養學生科學認知、科學技能以及社交能力，讓科學學習更有意義，也更能夠培養科學素養。黃聰惠(2018)則指出科學素養的培養，教師的教學內容應與日常生活連結以提高學習興趣，學生方能進而主動探索生活所遇科學相關議題，並且學生應在探究的過程中經歷充分與完整的體驗，並在探究的過程中能夠動手操作與討論，藉由同儕間的討論促進自省與科學原理知識的建構。

基於上述論述可知科學素養導向的學以探究活動為主軸，以學生日常生活中的經驗為基礎，重視學生彼此間的互動、合作學習，並透過各種形式表徵進行表達、溝通與推論。有鑒於此，本計畫將以 Bybee 與 Landes (1988)所發展的 5E 探究式教學策略作為教材發展的主軸，發展融入多重表徵的科學素養導向教材並進行教學。5E 探究式教學策略為最具系統性之探究式策略之一，能夠讓教師在發展教材以及進行探究教學活動的過程中更有階段性可以依循，透過 5E 探究式教學策略中參與(Engagement)、探究(Exploration)、解釋(Explanation)、精緻化(Elaboration)、評量(Evaluation)等五個階段的學習活動，學生彼此有機會及充足的時間運用融入的多重表徵進行表達與溝通，以達到「符號運用與溝通表達」之科學素養；同時經由共同經歷探究過程，共同觀察與紀錄，並一起進行討論與提出解釋，並形成概念，以達到「人際關係與團隊合作」素養，能夠在自然領域重視透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、執行及一起發掘科學知識與問題解決的能力(教育部，2018)。

二、多重表徵教學對培養科學素養的重要性

(一)表徵是溝通與表達以及概念化與推論的重要媒介

本計畫聚焦之「符號運用與溝通表達」素養項目，其具體內涵如先前敘述，包含能在探究的過程中使用口語與文字、影像與圖案、繪圖或實物、數學公式、模型等進行溝通表達，並具有分析歸納、製作圖表、使用資訊及數學運算等方法之能力等。這便是具備表徵(Representation)使用之能力。文獻指出，表徵是對資訊進行編碼以及加工產生的最終結果(Bruner, 1964)。表徵涉及一個外在的展示、一個動作，或呈現一個事件、現象、想法、有形的物體等(Wu & Puntambekar, 2012)。教學環境中，資訊或概念常以圖片、方程式、表格、文字、圖形、動畫、聲音、影片等不同的表徵加以呈現(Ainsworth, 2006; Kozma & Russell, 1997)。例如，在學習科學的過程中，有些現象是無法直接觀察或預測的，此時表徵可當作學習者所能看見與無法看見事物之間的媒介(Kozma et al., 2000)，如利用分子式或結構式來表示水分子。另外，有些科學原理是抽象的，如水中的石頭所受重力與浮力情形等等，此時透過圖示表徵等方式的呈現，就可以更具體化這些抽象概念，以便向學習者說明這些科學概念(Coleman, McTigue & Smolkin, 2011)。

此外，表徵除了具有表達的功用外，更可以做為概念化和推論的工具(Kozma & Russell, 2005; Waldrip, 2014)。尤其在學習物理時，為了瞭解基本的物理量與概念，學生就必須使用表徵來進行推論(Van Heuvelen, 1991)。再者，表徵在解題的過程中也扮演重要的角色，在解題過程中可用來對問題進行質性的分析(Larkin & Simon, 1987; Van Heuvelen, 1991)。例如，在學習功與能的概念時，使用長條圖(Bar Chart)表徵來表達不同能量之間的關係，以思考功與能的轉換過程。或者在面對有關牛頓第二定律的解題中，使用自由體圖(Free-Body Diagrams)描述物體所受的所有力之大小與方向等重要資訊，以幫助解題者進行數學關係之運算。

(二)多重表徵的教學環境在科學素養導向教學的角色

表徵無疑是探索科學概念或定律時重要的表達與溝通工具，當學習如何表徵科學概念或用表徵來解釋科學概念時，科學學習的過程也同時產生(Waldrip & Prain, 2012)。然而，在實際教學環境中，教師在教學時會同時使用圖片、符號或模型等不同表徵來表達科學概念；而教學教材也常包含文字、圖片以及其它不同的表徵(Wu & Puntambekar, 2012)。不同形式的表徵在教師教學或學生學習等過程中，會提供給表徵使用者不同的功用，不同的學習任務可能需要使用不同的表徵。有時單一表徵只能強調概念的部分結構，無法將整個概念結構完整的呈現出來，此時能夠具備使用多重表徵的能力更顯得重要(左台益、蔡志仁，2001)。因此，在複雜的科學學習過程中，學習者需要透過多重表徵

的使用以發展完整且深入的概念。透過多重表徵的使用，學習者便可以用不同的形式來對科學現象進行紀錄、科學探究、推理，或者產生知識(Jennifer & John, 2014；Waldrip & Prain, 2012)。相較於單一表徵，多重表徵的使用更能幫助學生表達更完整、豐富的訊息，或幫助學生更清楚概念間的關聯，進而更深入了解科學現象或概念(左台益、蔡志仁，2001；Wu & Puntambekar, 2012)。

運用多重表徵進行溝通與表達可說是訊息處理的過程。學習者需透過視覺與聽覺接收不同的訊息，再將處理後的訊息呈現出來(張春興，1996)，在這樣的過程中學習者不僅要能夠接不同的表徵型式呈現的訊息，更要能使用不同型式的表徵將訊息表達出來。因此，多重表徵的使用，可以讓學生用不同的感官探索現象及相關概念，透過整合知覺與觸覺等模型到視覺的表徵可以幫助學生進行知識的整合(Wu & Puntambekar, 2012)。此外，依分佈式認知的觀點，學習的認知過程不應只重視學習個體本身，認知活動是分佈在個體內、個體間、環境、時間或空間之中，亦即認知過程更要重視個體與外在情境之溝通互動(Salomon, 1993；Zhang & Patel, 2006)，多重表徵便是這些溝通互動過程中重要的媒介(Bruner, 1985；張慧貞，2009)。

(三)多重表徵教學環境下的表徵轉譯

上述探討可知多重表徵的教學環境有不僅有助於學生發展溝通與表達的科學素養，更有助於學生發展更完整及深入的概念。然而，不同的表徵提供不同的功用，也可能傳達不同的資訊，所以學生在學習科學過程中更需知道如何整合不同表徵(Jewitt, Kress, Ogborn & Tsatsarelis, 2001；Waldrip & Prain, 2012)。亦即學生在使用多重表徵進行溝通、表達與推論時，要具備能夠在不同表徵間轉譯的能力。表徵轉譯意指以另一種不同形式的表徵做解釋(Roth & Bowen, 2001)，可視為一項資訊處理的過程，基本概念為個體要能夠解釋在源頭表徵中所提供的資訊，並以此來推論並建立目標表徵(Keig & Rubba, 1993)。簡言之，表徵的轉譯過程意指涉及從一種表徵到另一種不同表徵的心理過程(Janvier, 1987)。例如以表格表徵和圖關係圖表徵之間的轉譯為例，包含表格表徵轉譯到關係圖表徵，以及關係圖表徵轉譯到表格表徵。

由此可知，多重表徵的教學除了培養學生了解每一種表徵的使用以及表徵與領域之間的關聯外，重要的關鍵之一是要培養學生連結不同的表徵，並且能夠在不同表徵間轉譯(Kozma, 2003；Waldrip, Prain, & Carolan, 2010；Wu & Puntambekar, 2012)。而許多教師在使用多重表徵的教學期望能促進學習時，常常在教學過程中忽略了學生表徵轉譯的困難情形(Janvier, 1987；Prain & Waldrip, 2006；左台益、蔡志仁，2001)。當學生無法彈性地不同表徵間轉譯時，學習便會受到阻礙。本研究團隊在上一年度的計畫中也發

現這一情形，也因此在新年度的計畫中，在融入多重表徵發展教材與教學時，除考量培養學生使用不同表徵進行溝通、表達與推論外，也將更進一步重視培養學生表徵轉譯的能力。

三、5E探究式教學策略

本計畫將以 Bybee 與 Landes (1988)所發展的 5E 探究式教學策略作為教材發展的主軸，5E 策略中的五個階段分別是參與、探究、解釋、精緻化、評量等五個階段。從 Bybee 與 Landes(1988)和 Bybee 等人(2006)對於 5E 的研究，五個階段具體說明如下：

1、參與：參與階段藉由生活中的現象或經驗引入學習活動，經由連結學生舊經驗與即將學習的新概念，不僅能引起學生的學習動機，也讓老師有了解學生先備知識的機會。此階段可以是學生動手操作，也可以是老師進行演示或提問。在此階段教師要能夠創造有趣的現象或話題，也要提出問題、引起學生的反應，致力於讓學生知道或思考老師引起的話題，並產生興趣。

2、探究：探究階段在於提供足夠的時間讓學生共同參與動手操作的過程，學生們在此階段可以具體感受科學的現象或效果，並與同儕一起進行資料的收集、紀錄，以此作為後續一起討論的共同依據。因此，老師在此階段的任務是鼓勵學生和同儕一起工作與探究、注意聽和觀察學生間的互動、適時地詢問探究問題以確認學生探究的方向，以及擔任學生的顧問。

3、解釋：解釋階段則是讓學生能夠一起針對探究過程中所觀察到的現象加以說明或收集到的資料進行討論並提出解釋，老師也能在此階段幫助學生澄清概念而獲得科學知識。因此，老師在此階段要鼓勵學生使用記錄的觀察結果解釋發現、概念或自己的定義、要求學生提出證明或澄清，也要引導學生評論、質疑其他同學的解釋，同時老師本身也要使用學生以前的經歷作為解釋概念的基礎，正式澄清定義和概念，做出正確的解釋。

4、精緻化：精緻化階段除了確認學生已經發展新的概念外，也讓學生可以應用所學的新概念或技能以擴展其概念知識。因此，此階段教師要讓學生用正式的定義、語言或術語來解釋先前給予的話題或探究活動，並且要提供新的情境給予學生應用新學的概念、練習新學的技能。

5、評量：最後的評量階段則是指學生評量自己所學的知識與自己的能力，老師也須在學習過程中評量學生的學習成效。老師的評量則包括參與階段學生是否有產生興趣、好奇心，探究階段學生是否在正確的探究方向上、解釋和精緻化階段學生是否能夠應用新學的概念或技能。學生則藉由開放性的問題來評量自己的學習情形，並表現出對所學知識有所理解。

過去的研究也證實 5E 探究式教學策略所發展的教材能夠促進同儕以互助合作的方式共

同參與活動進行探究。例如，林建隆和徐順益(2007)便以5E探究式教學進行理化光學模組的合作學習，研究結果顯示學生藉由小組間的分工合作、腦力激盪以及分享溝通等，能夠享受學習過程並獲得良好的學習成效。張維倫(2012)以5E探究式教學進行生物科恆定性單元的合作學習，研究結果同樣獲得良好的成效，同時也發現學生因為需要彼此互助合作，在共同討論的過程完成學習任務，而更有助於提升學生的學習感受。Lin等人(2014)以5E探究式教學策略發展摩擦力單元進行教學，研究結果顯示5E探究式略適合發展動手操作的教學活動，也能夠有效提升學生的科學態度。張英琦、林建隆、鄭孟斐和張誌原(2017)以多面向概念改變架構融入5E探究式教學策略發展力矩與轉動單元教材，研究結果也發現發展的教材能夠有效促進學生克服原有概念進而產生概念改變。

本計畫將以Bybee與Landes(1988)所發展的5E探究式教學策略作為教材發展的主軸以達到幾項目的。首先，5E探究式教學策略具明確系統性，讓探究活動的過程更具有階段性，透過五個階段的探究過程學生彼此有機會運用充足的時間互相溝通互動，能夠共同經歷探究過程，共同觀察與紀錄，並一起進行討論與提出解釋，並形成概念，以達到「人際關係與團隊合作」素養在自然領域重視透過合作學習，發展與同儕溝通、共同參與、執行及一起發掘科學知識與問題解決的能力(教育部，2018)。此外，五個階段的探究過程能夠充分的將多重表徵融入，能夠讓學生在不同階段充分使用不同的表徵進行諸如提問、紀錄、分析歸納、製作圖表、解釋、討論、解題、運算、推論等，進而達成培養「符號運用與溝通表達」之素養。最後，5E的採用讓教師在發展教材以及進行探究教學活動的過程中更有階段性可以依循，進而能夠將掌握的具體核心素養融入教學，在這樣的教材發展過程中，教師也自我培養著運用有效的教學策略與內容幫助學生培養核心素養之能力。

參、研究方法

一、研究設計

首先，為探討本計畫所發展之融入多重表徵的5E探究式科學素養導向教材對學生科學素養表現的影響，本計畫採單組前後測的研究方式，選取三個班級共68人進行教學，並在教學前與教學後實施科學素養前後測。透過比較科學素養前後測表現，探討本計畫發展之教材對學生科學素養表現的影響。另外，也在學生接受完課程教學後，令其完成反思心得問卷，瞭解學生對以本計畫發展之教材單元學習的感受、想法。

其次，為了解社群老師在這一年的收穫即給予未來計畫繼續執行的建議，本計畫也請參與社群的每位老師針對社群運作、教材發展、教學實施，以及辦理科學闖關等四項計畫內容，寫下自己的心得與反思。

本計畫原定選取的班級需進行兩次教學，分別是第一學期的溫度與熱單元與第二學期的力與壓力單元，且在力與壓力單元教學時，鼓勵校內其他自然老師使用本計畫發展的教材進行教學，若不能全部使用，也希望能夠從中選取部分活動進行教學，並給予本計畫回饋與建議。然因疫情影響，全國實施停課不停學，因此在力與壓力的單元部分雖然有因應疫情修改為線上上課模式，但只有兩個班級完成全部課程。

二、研究對象

本校為南投縣中型學校，全校學生共687人，其中七級8個班216人、八級9個班224人、九級10個班247人，各年級皆為常態編班。研究對象為3個二年級班級，總人數68人，分別是八年3班21人、八年6班26人、八年8班21人。上述三個班級皆參與溫度與熱單元完整教學，惟因疫情影響，在進行力與壓力單元教學前全國停課不停學，最後僅二年8班與二年6班完成線上力與壓力單元學習。

三、研究流程

研究流程如圖2-1所示，說明如下：

1、成立教師實務社群

成立先組成之自然領域教師實務社群，並期許更多自然科教師加入。

2、教師實務社群共學

定期辦理社群會議進行文獻閱讀與分享、參與研習/研討會、教材設計

分享與討論，以及邀請專家學者給予指導等方式，提升教師實務社群成員發展科學素養導向教材與進行科學素養導向教學的能力。

3、共同發展科學素養導向教材

延續上一年度計畫中的力與壓力教材、科學素養評量外，以溫度與熱單元為例，發展一套全新的科學素養導向教材。

4、教學、測驗與資料收集

此階段除了以本研究發展的教材進行教學外，亦在教學前與教學後進行科學素養前後測。

5、資料分析與撰寫研究報告

以兼採量與質的資料收集與分析，撰寫研究報告。

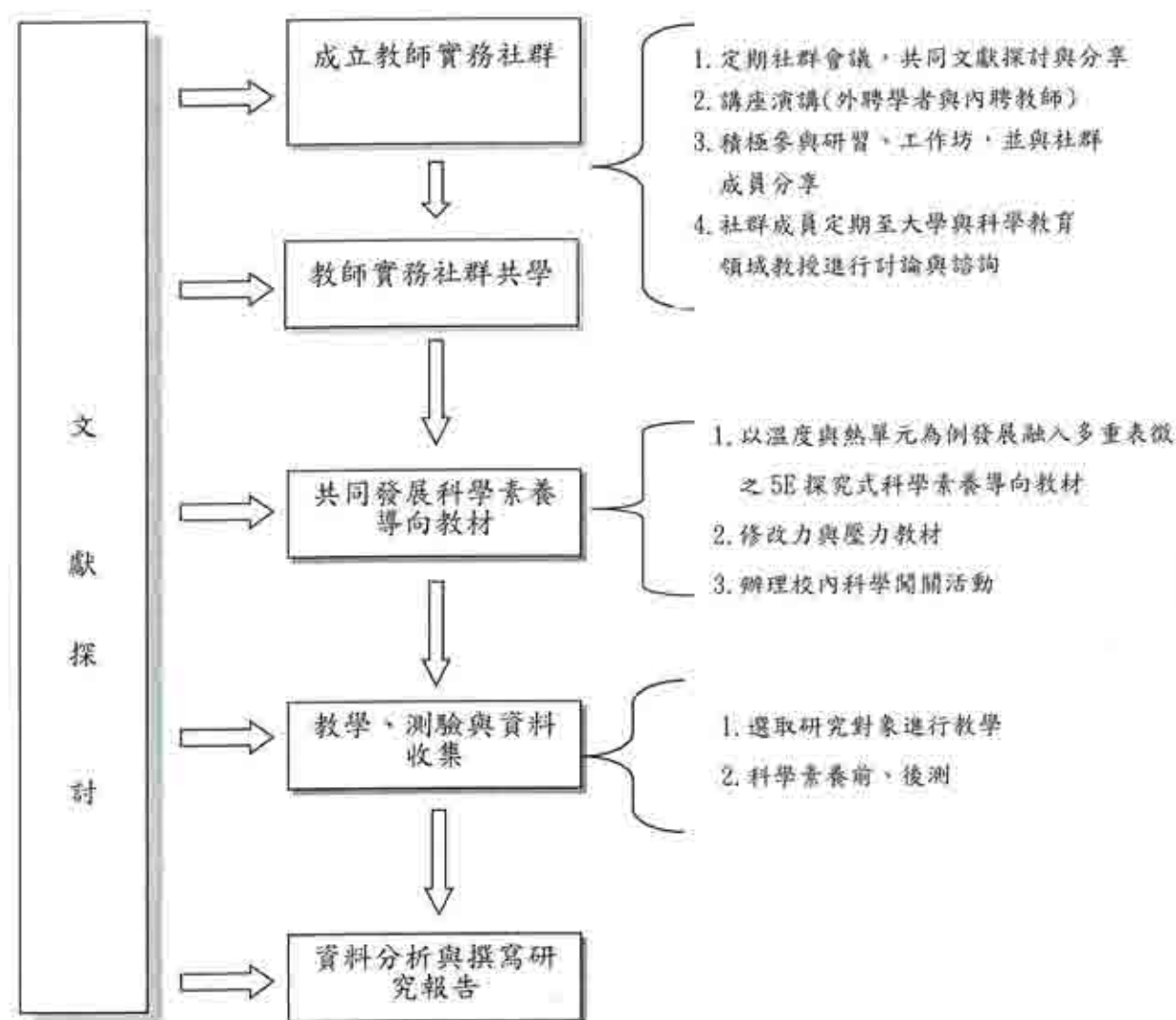


圖 2-1：研究流程圖

四、研究工具

(一)科學素養量表

科學素養量表在本研究用來探討學生教學前後之科學素養變化情形，如附錄一所示，採用的是張惠博等人(2008年)所發展之「中學版3C素養量表」。所謂3C科學素養包括科學學習能力(competence of science learning)、合作(cooperation)能力與科學學習自信心(confidence of science learning)。此3C素養量表全量表包含科學探究能力內涵量表、溝通能力內涵量表、合作素養內涵量表，以及科學自信素養量表等。本計畫採用3C素養量表將聚焦在其中的探究能力量表、溝通能力量表以及合作素養量表，以對應本研究所欲探討之「科學探究能力」、「符號運用與溝通表達」與「人際關係與團隊合作」等核心素養。本研究此次施測，全量表的Cronbach α 係數為.956，其中探究能力內涵量表的Cronbach α 係數為.905，溝通能力組合量表的Cronbach α 係數為.841；而在合作素養量表的信度方面則為Cronbach α 係數為.941。

(二)教師反思心得與學生反思心得問卷

本計畫在以所發展之教材進行教學後，分別請社群成員寫下教材發展以及使用之心的反思，並請學生填寫心得反思問卷，希冀藉此作為未來教材修正與教學改善之依據。

五、資料收集與分析

(一)資料收集

本計畫量的資料包參與學生之科學素養前、後測。質性資料則包含教師反思心得、學生接受教學後之反思心得問卷。唯因疫情因素，科學素養測驗僅收集上學期溫度與熱教學之前後測，第二學期之力與壓力單元因故無法施測。

(二)資料分析

量的資料分析部分將以描述性統計了解學生在教學前後之科學素養表現外；也將以SPSS統計軟體考驗前後測的差異，以相依樣本t檢定分別考驗研究對象在教學後之科學素養平均值與其教學前是否有差異。

質性資料分析分兩部分，首先分析教師心得與反思與實驗組學生接受教學後之心得與反思問卷，探討本計畫成立之自然科實務社群在發展科學素養導向教材與進行教學面臨的困難與解決建議。其次將分析學生接受教學後之心得與反思問卷，探討學生對本計畫課程之感想。反思心得佐證資料中T代表教師，S代表學生。且為區別不同師生的反思心得資料，在引用資料的最後以「反思心得-編號」註明來源，例如「反思心得-T01」表示編號01教師的反思心得資料。「反思心得-S01」表示編號01學生的反思心得資料。

肆、計畫執行成果與研究發現

本計畫經一年來的執行成果豐碩。第一，社群順利運作，不僅招開多次社群會議，社群成員也經常參與校內外研習、研討會，並不定期向專家學者請益，社群成員獲益良多。第二，在社群成員努力之下總計發展溫度與熱科學素養導向教材一套，並成功實施教學。第三根據去年計畫執行結果修改力與壓力單元教材一套，此教材因疫情也修改為線上版本實施教學。第四，將計畫精神擴展到全校，將本計畫精神與去年發展的教材分享與全校自然科教師，並邀請本校所有自然科教師一同舉辦科學闖關活動，且活動內容多以溫度與熱、力與壓力兩大單元相關。詳細說明如下：

一、社群運作成果

本計畫為達成提升校內自然科教師科學素養導向教學之能力，進而培養學生科學素養之研究目標，首先在先前108年8月詢問了校內理化科教師一同參與此計畫之意願，最後七位理化教師中有五位教師願意一起嘗試科學素養導向教材的發展與教學至今，成員組織如表4-1所示。社群109年八月起開始第二年計畫的執行，執行成果如下：

表4-1：

自然科教師實務社群成員

姓名	職務	年資(年)	任教科目
張英琦	生教組長	20	理化
李曉雯	導師	20	理化
謝志昌	導師	31	理化/生科
莊嘉平	專任教師	15	理化/生科
高逸珽	專任教師	3	理化

(一)自然科實務社群招開社群會議共計12次

如表4-2所示，本計畫今年度累計招開設群會議共計12次。各次會議除主要為社群內成員針對執行計畫所需之文獻討論、教材設計、教材分享外，為了將本計畫成果推廣到全校，在其中幾次會議也邀請全校自然領域教師參與會議，並請各位老師給予本計畫建議，例如第七次與第八次會議為將本計畫探究活動推廣到全校，特邀請所有自然科教師辦理全校性的科學闖關，且闖關活動以溫度與熱和力與壓力兩大單元為主軸。

表 4-2:

社群會議召開日期與主題

社群會議	會議日期	討論主題
第一次會議	2020/08/27	主持人說明本學年度計畫內容與要點
第二次會議	2020/09/18	文獻討論(科學素養、5E、多重表徵與表徵轉譯)
第三次會議	2020/10/07	文獻討論/寒假舉辦科學日事宜討論
第四次會議	2020/10/27	文獻討論/上學年度計畫成果討論
第五次會議	2020/11/06	溫度與熱活動單設計討論
第六次會議	2020/12/11	溫度與熱活動單討論與修改
第七次會議	2021/01/05	辦理全校性科學闖關事宜(1)
第八次會議	2021/01/20	辦理全校性科學闖關事宜(2)
第九次會議	2021/03/12	力與壓力單元教材修改討論
第十次會議	2021/04/02	力與壓力單元教材修改討論
第十一次會議	2021/05/13	配合課程計畫,討論如何將發展的活動併入校定彈性內課程計畫
第十二次會議	2021/06/24	高中化學新舊課綱必要性銜接教材



新年度計畫討論



教材發展討論



科學闖關可行性討論



教材發展討論



邀請自然科教師討論科學闖關



計畫活動如何融入校定課程討論

(二)社群內成員積極參與校內外研習、研討會總計 19 人次

如表 4-3 所示,本年度社群成員總計參與研習/研討會計 19 人次,除一般的課程與教學設計研習外,更有兩位成員參與了第 36 屆科學教育國際學術研討會。此外,109 年 10 月 27 日的國教輔導團到校指導,原本僅為校內一位教師實施教學觀摩,也因本計畫主持人的建議,改為全校自然科教師參與的座談會,並由本計畫成員分享去年計畫執行成果與今年預計實施的計畫內容報告。除了讓全校自然科教師清楚本計畫精神與執行內容外,也請國教輔導團給予指導。此目的亦是為了將本計畫的精神以及成果推廣到全校。

表 4-3:

社群成員參與校內外研習與研討會情形

日期	參加者	地點	主題
109/10/16	張英琦 莊嘉平	南投縣 漳興國小	南投縣109學年度教師專業發展初任社群召集人增能研習
109/10/27	張英琦、李曉雯 謝志昌、莊嘉平 高逸珽	南投縣 延和國中	國教輔導團自然領域到校座談(延和國中場)
109/11/24	莊嘉平	彰化市 彰師大	低 loading 的素養導向教學設計-從創客到創課
109/12/1	張英琦 李曉雯	南投縣 宏仁國中	素養導向教學設計、教材與命題工作坊-自然
109/12/5	莊嘉平	嘉義縣 永慶高中	生科非專-風力機械駁獸
109/12/08	李曉雯	南投縣 竹山國中	國中組素養導向命題工作坊-自然領域
109/12/19	張英琦 李曉雯	高雄市 科工館	第36屆科學教育國際學術研討會
109/12/26	李曉雯	彰化市 彰師大	教師專業學習社群的深化與轉型
110/02/01	莊嘉平	南崗國中	Microbit 進階與 KSB039 物聯網應用
110/03/13	莊嘉平	旭光高中	Tello EDU 與 Tello Talent 進階研習
110/03/16	莊嘉平	延和國中	自然領域共備觀議課
110/05/04	莊嘉平	埔里國中	AI 視覺辨識與 RoboMasterTT 的組合應用

(三)定期參與專家學者帶領之科教研究會議並向專家學者諮詢總計 8 次

社群內兩位具博士學位成員由學校給予公假，定期至國立彰化師範大學參與物理教育領域林建隆教授所帶領的科教團隊，進行兩週一次的研究交流，並向教授們諮詢。本年度因疫情關係，至彰師大諮詢累計八次(2020/9/29、2020/10/13、2020/11/3、2020/11/17、2020/11/27、2020/12/25、2021/03/02、2021/04/20)

另外，原定 6-7 月邀請彰師大物理系科教領域教授到校指導，以及邀請 LIS 情境科學教材團到校演講分享的幾場專家學者分享，雖已排定好日期，卻也因疫情因素而取消。

二、溫度與熱單元教材發展與教學成果

(一) 溫度與熱教材發展成果

本計畫發展之溫度與熱單元教材總計 4 個主題 21 個活動，並選取三個班級進行教學，教材目錄如圖 4-1 所示，完整教材如附錄一。

5-1 溫度與溫度計	01
活動一、溫度與溫度計	01
活動二、自製水溫度計	02
活動三、華氏溫標與攝氏溫標	03
5-2 熱量與比熱	05
活動一、探討水溫度上升的因素	06
活動二、探討不同物質受熱後溫度上升的差異	10
活動三、熱平衡	14
5-3 熱傳播	16
活動一、親身體驗	16
活動二、不同物質的熱傳導差異	16
活動二、熱對流	19
活動三、熱輻射	23
5-4 熱對物質的影響	25
活動一、生活中的熱新聞	25
活動二、測量冷熱的溫度計	26
活動三、乒乓球遇到熱情的水	26
活動四、微觀來看物質吸熱、放熱時，分子發生的變化	27
活動五、Homework 回家繼續點燃愛情	27
活動六、烤烤	28
活動七、暖身運動	29
活動八、物質有三態	29
活動九、一起來變態	30
活動十、微觀解釋物質吸熱放熱產生型態轉變時，分子的變化	31
活動十一、熱力大考驗	31

圖 4-1：溫度與熱教材目錄

以下以 5-2 熱量與比熱中的活動一、探討影響水溫的因素為例進行說明，該活動之活動內容與活動目標、5E、多重表徵等之對照表如表 4-4 所示。

表 4-4：

5-2 熱量與比熱之活動一與 5E、多重表徵對照表

活動內容	活動內容	5E	多重表徵
前言、 任務一	以生活中的例子詢問同學那些因素會影響水溫的上升？並討論如何設計實驗探討	參與	文字表徵
任務二、	實驗一：探討加熱時間與水溫變化的關係	探究	圖片表徵、文字表徵 實物操作表徵 表格表徵、關係圖表徵
任務三、	實驗一討論 老師統整	解釋	表格表徵、關係圖表徵 文字表徵、數學表徵
小試身手	所學的概念應用到新情境中	精緻化	文字表徵、表格表徵 關係圖表徵、數學表徵

首先，如圖 4-2，在前言與任務一中以生活中的經驗連結學生的舊知識與接下來要發展的概念，屬於 5E 階段中的參與階段，使用的表徵為文字表徵。接著，如圖 4-3 所示，藉由實驗一探討加熱時間與水溫變化的關係，並將實驗結果記錄在表格(圖 4-4)，進而描繪出關係圖(圖 4-5)。此為 5E 階段中的探究階段，使用的表徵包含圖片表徵、實物操作表徵、文字表徵、表格表徵、關係圖表徵。

如圖 4-6、圖 4-7，給予學生討論與統整的機會，不僅讓學生互相發表想法，教師也在此階段引導學生產生正確的科學陳述。此為 5E 中的解釋階段，使用的表徵包括表格表徵、關係圖表徵、文字表徵、數學表徵。最後在小試身手的部分則是 5E 中的精緻化階段，如圖 4-8、圖 4-9，此階段不僅給予學生應用所學新概念的機遇，也給予學生練習多重表徵的機會；使用到的表徵包含文字表徵、表格表徵、關係圖表徵、數學表徵。

前言：生活中我們常需要將水加熱讓水溫升高，例如單純地想喝溫水，或想要泡奶粉、泡茶、泡咖啡等。那同學知道那些因素會影響水溫的上升嗎？

小組討論	老師講解
------	------

一、接下來我們想要探討加熱時間與水溫度變化的關係，該怎麼設計我們的實驗呢？

小組討論	老師講解
操作變因：	操作變因：
控制變因：	控制變因：
應變變因：	應變變因：

圖 4-2：溫度與熱教材範例 1

二、實驗一：探討加熱時間與水溫變化的關係

1. 用 250 毫升的燒杯裝 100 克的水，利用溫度計測得水的初溫 T_0 。

2. 將燒杯放置陶瓷纖維網上加熱，每隔 1 分鐘紀錄水溫(T)。

，同時算出水每分鐘上升的溫度($T-T_0$)，完成表格一。

(注意溫度計懸在水中，不可碰觸到燒杯底部)

3. 取另一個相同的燒杯，改加入相同初溫(T_0)的水 200 克，

重複步驟 2 及 3，完成表格二。



圖 4-3：溫度與熱教材範例 2

表格一：水 100 克，初溫 $T_0 = \underline{\hspace{1cm}}^{\circ}\text{C}$ 。

加熱時間	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
水溫(T) ($^{\circ}\text{C}$)						
上升溫度($T-T_0$) ($^{\circ}\text{C}$)						

表格二：水 200 克，初溫 $T_0 = \underline{\hspace{1cm}}^{\circ}\text{C}$ 。

加熱時間	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
水溫(T) ($^{\circ}\text{C}$)						
上升溫度($T-T_0$) ($^{\circ}\text{C}$)						

圖 4-4：溫度與熱教材範例 3

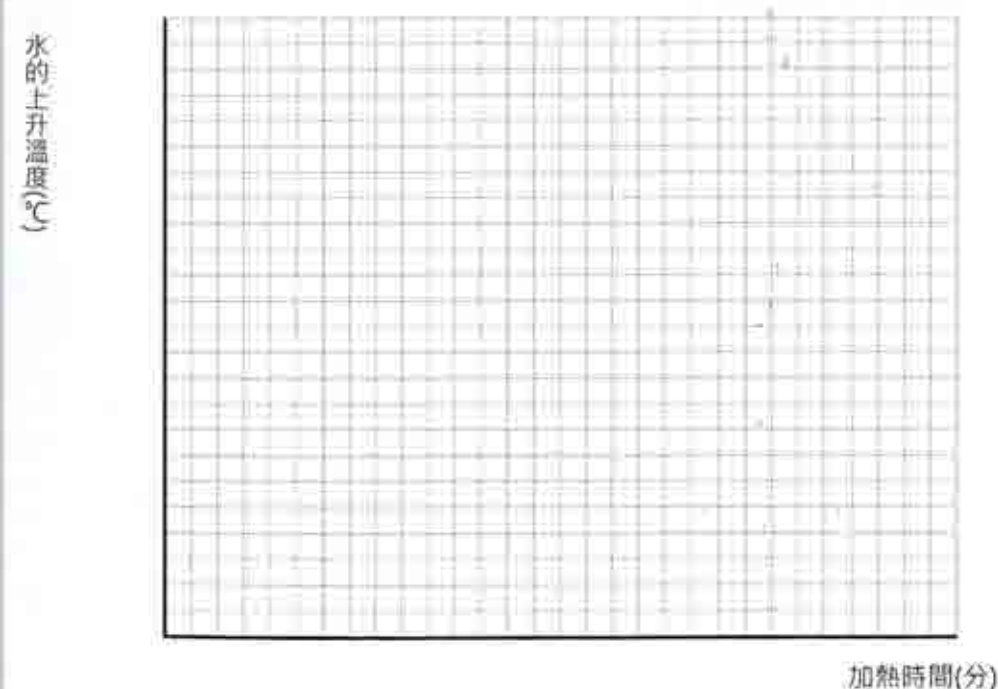


圖 4-5：溫度與熱教材範例 4

三、實驗一討論：依據表格一、表格二，以及關係圖，進行下列討論

(一)看表一、二中的數據及關係圖，你有發現當水的質量一定時，加熱時間和上升的溫度有甚麼關係嗎？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

- 1、加熱同質量的水，加熱時間越長，水的溫度越_____。
- 2、水的質量一定時，「水的上升溫度—時間」關係圖為_____，加熱時間與水的溫度變化成_____比。

圖 4-6：溫度與熱教材範例 5

(二)依據上述關係圖，請判斷 100 克及 200 克的水上升溫度相同時，200 克水需要的時間約是 100 克水的_____倍。

小組討論	老師講解
------	------

統整：

- 1、上升溫度相同時，200 克水需要的時間約是 100 克水的_____倍。
- 2、上升溫度相同時，水的質量越大，加熱時間會越_____，且加熱時間與水的質量成_____比。
- 3、酒精燈作為熱源提供了熱量讓水溫上升。熱量的單位定為_____。
- 4、科學家定義「使 1 公克的水溫度上升 1°C 所需的熱量稱為 1 卡」。
- 5、1000 卡等於 1 千卡，千卡又稱為_____。

圖 4-7：溫度與熱教材範例 6

小試身手：

01.右圖為加熱 100 公克水的上升溫度對加熱時間的關係圖，若以相同條件，分別加熱 50 公克及 200 公克的水，請畫出 50 公克、200 公克的關係圖，並說明原因。

原因說明：

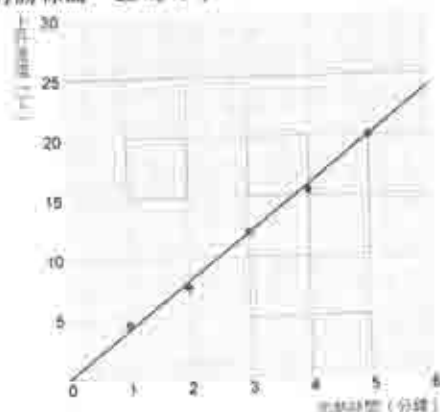


圖 4-8：溫度與熱教材範例 7

02.易成以穩定的熱源，加熱燒杯中 100 公克的水測得水溫與時間的關係如圖中直線。試回答

下列問題：

- (1)此關係圖橫坐標和縱坐標分別代表哪個物理量？
- (2)如何和此關係圖判斷 100 公克水的初溫？初溫又是多少呢？
- (3)圖中黑點代表的意義是甚麼？
- (4)這杯水加熱 5 分鐘，水溫上升了多少°C？如何知道？
- (5)此穩定的熱源每分鐘提供多少卡的熱量給予 100 公克的水？

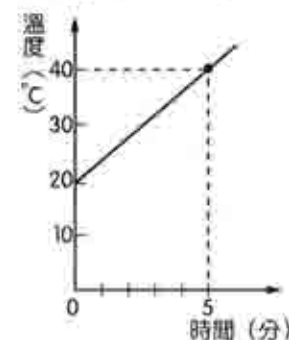


圖 4-9：溫度與熱教材範例 8

(二)溫度與熱單元教學成果

教學前、後之科學素養表現如表 4-5 所示，探究能力後測平均為 46.07，較前測平均 40.04 增加 6.029；溝通素養後測平均 51.07，較前測平均 43.07 增加 8.000；合作素養後測平均為 61.43，較前測平均 54.19 增加 7.235。此外，將研究對象之後測平均與前測平均進行成對樣本 t 檢定，如表 4-6 所示，分析結果顯示在探究能力 ($t=6.039, p=.000$)、溝通素養 ($t=8.046, p=.000$) 與合作素養 ($t=6.829, p=.000$) 等三分量表之後測平均數顯著優於前測平均數。此結果顯示，本計畫所發展的多重表徵融入 5E 探究式策略所發展的科學素養導向教材，能夠有效提升學生之科學素養，包含「探究能力」、「符號運用與溝通表達」和「人際關係與團隊合作」等素養。

表 4-5：

研究對象科學素養量表前、後測描述性統計

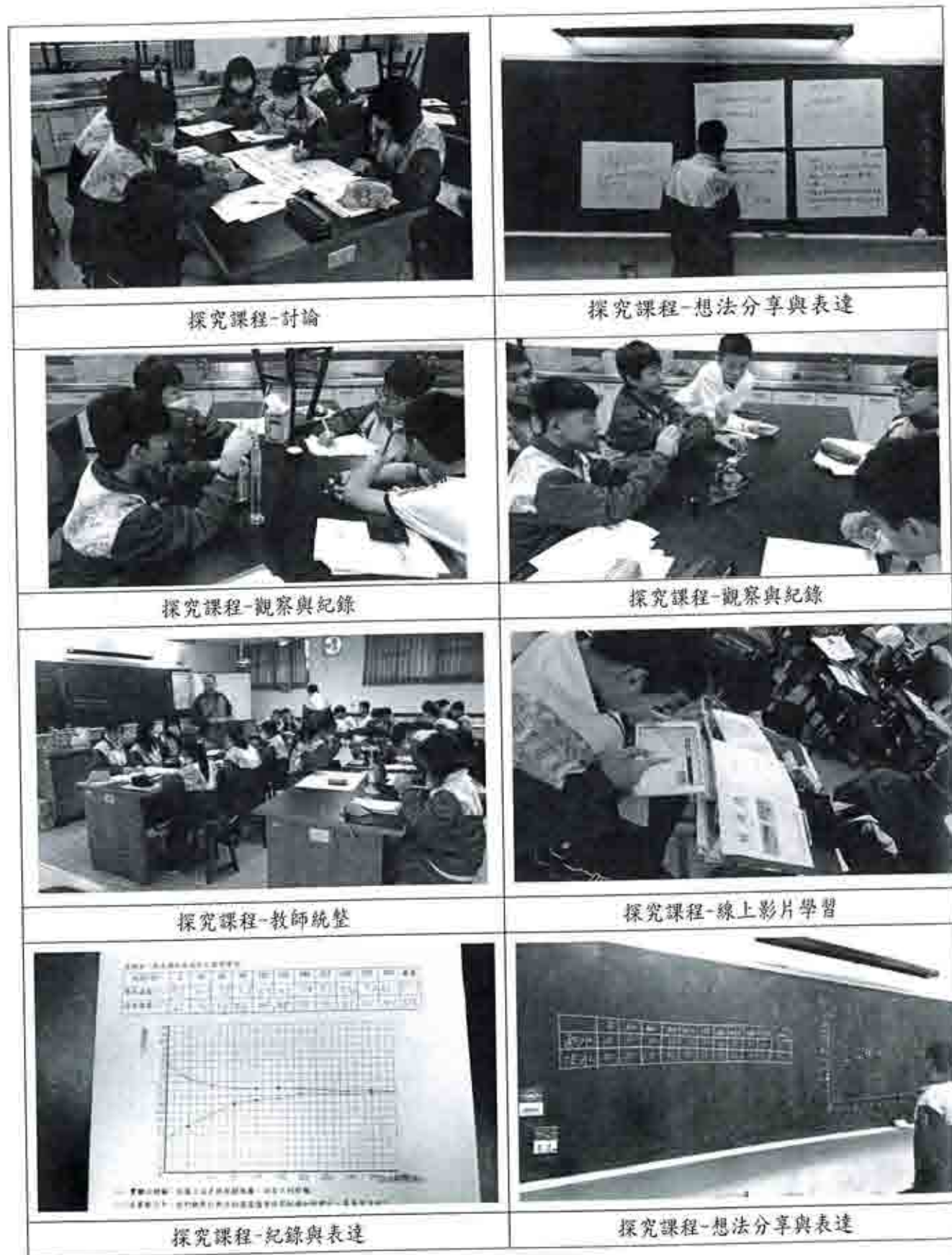
組別		科學素養前測			科學素養後測		
		探究能力	溝通素養	合作素養	探究能力	溝通素養	合作素養
研究對象 (N=68)	平均數	40.04	43.07	54.19	46.07	51.07	61.43
	標準差	8.993	11.795	12.749	9.231	12.601	12.421

表 4-6：

研究對象科學素養量表前、後測得分成對樣本 t 檢定 (N=68)

	平均數差 (後測減前測)	標準差	t	自由度	顯著性 (雙尾)
成對1 (探究)	6.029	8.233	6.039	67	.000***
成對2 (溝通)	8.000	8.199	8.046	67	.000***
成對3 (合作)	7.235	8.737	6.829	67	.000***

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$



三、力與壓力單元教材修改與教學成果

(一)依據上年度計畫成果進行教材修改


針對上一年度發展的力與壓力單元教材，根據先前研究成果予以修改。首先，依據新舊課綱的差異，酌刪虎克定律、靜止液體壓力、帕斯卡原理應用、大氣壓力等涉及計算之內容。其次，在單元與活動標題部分，修改成與課本標題一致，避免學生產生與課本內容不一致的錯覺，也幫助學生聚焦。最後，針對一些比較簡單的概念建立，予以刪減探究活動或簡化活動，以少教師和學生的負擔。例如將原本教材中的「活動一、你受力了嗎」與「活動二、神奇的力量」，簡化為一個活動，並修改標題為「活動一、力的效應與力的形式」，如圖4-10所示。經修改後，力與壓力單元教材共4個主題15個活動，篇幅27頁，相較於去年度的40頁，較為精簡以減少師生負擔。完整教材如附件二。

活動一、力的效應與力的形式

前言：老師將手指頭接觸臉頰，請問同學，老師有對我的臉頰施力嗎？如果有，你是如何判斷的呢？另外，有沒有不用接觸就可以產生作用的力存在呢？

任務一、請掃描右圖QR Code觀賞短片，並完完下列問題：

- 1、力雖然看不見，但是透過觀察可以看見力對物體產生的影響，這種影響稱為_____。
- 2、力的效應可以歸納為兩大類。第一類為使物體發生_____，如形狀或長度改變；第二類為使物體發生_____，如物體由靜止運動起來，運動中加速、減速或改變方向等。



統一教學平台 vcomba
力的效應

圖4-10：力與壓力教材範例

6-1 力與平衡.....	01
活動一、力的效應與力的形式.....	01
活動二、力的圖示與力的單位.....	02
活動三、力的測量.....	03
活動四、力的平衡.....	05
活動五、力的合成.....	06
6-2 摩擦力.....	07
活動一、靜摩擦力與最大靜摩擦力.....	07
活動二、動摩擦力.....	09
活動三、影響最大靜摩擦力的因素.....	11
6-3 認識壓力.....	14
活動一、從海綿的凹陷情形認識壓力.....	14
活動二、液體中的壓力.....	16
活動三、液體中壓力大小探討.....	17
活動四、連通管原理及其應用.....	18
活動五、帕斯卡原理及其應用.....	19
活動六、大氣壓力的存在與測量.....	20
6-4 浮力.....	23
活動一、認識浮力.....	23
活動二、阿基米德原理.....	25

圖 4-11：力與壓力教材目錄

以下以單元三摩擦力之活動一動靜知多少(1)為例進行說明，該活動之活動內容與活動目標、5E、多重表徵等之對照表如表 4-2 所示。

表 4-2：

單元三活動一之活動內容與活動目標、5E、多重表徵對照表

活動內容	活動目標	5E	多重表徵
前言	引起動機	參與	文字表徵、圖片表徵 實物操作表徵
任務一	探討摩擦力的存在	探究 解釋	實物操作表徵、力圖表徵 文字表徵、數學表徵
任務二	探討靜摩擦力與 最大靜摩擦力	探究 解釋	實物操作表徵、圖片表徵 表格表徵、力圖表徵 文字表徵、數學表徵 關係圖表徵
任務三		探究 解釋	實物操作表徵、圖片表徵 表格表徵、力圖表徵 文字表徵
任務四	探討不同接觸面性質對 最大靜摩擦力之影響	探究 解釋	實物操作表徵、圖片表徵 表格表徵、力圖表徵 文字表徵
統整	針對任務一~任務四進行 較完整的解釋	解釋	文字表徵
小試身手	將任務一~任務四所學的 概念應用到新情境中。	精緻化	文字表徵、圖片表徵 關係圖表徵

首先，如圖 4-12 所示，以兩本書交疊造成巨大的摩擦力活動作為前言，以引起學生的參與動機。在 5E 探究式策略中屬於參與階段，應用到的表徵除了文字描述、圖片展示外，也讓學生們自己動作操作，使用到實物操作表徵。

前言：將兩本書本交疊在一起，兩個人各站一邊拉著書本，試著將書本拉開，容易嗎？為甚麼？



圖 4-12：單元三之前言

緊接著，如圖 4-13 與 4-14 所示，任務一與任務二以文字和圖片說明任務內容(文字與圖片表徵)，分別讓學生使用彈簧以及彈簧秤緩慢拉木塊直到木塊滑動，並觀察彈簧的變化以及彈簧秤的讀數變化(實物操作表徵)，此外亦要求學生將彈簧秤上的讀數記錄在表格中

(表格表徵)，並依照操作結果以及表格中的數據，畫出木塊所受的力圖(力圖表徵)，且進一步以文字說明(文字表徵)並列出拉力 F 和摩擦力 f 間的大小關係(數學表徵)。接著再於任務三(如圖 4-15)畫出木塊由靜止到移動瞬間，外力 F 和摩擦力 f 的關係圖(關係圖表徵)，並於任務四(如圖 4-16)進行討論與歸納。其中任務一和任務二之活動目標在於探討摩擦力的存在，並培養學生靜摩擦力與最大靜摩擦力的概念，為 5E 探究策略中的探究階段；而任務三-任務四則是 5E 中的解釋階段。最後，如圖 4-17，小試身手則是讓學生可以應用先前所學的概念，為 5E 中的精緻化階段。

活動一、靜摩擦力與最大靜摩擦力

任務一、將有掛勾的木塊置於桌上，以彈簧緩緩拉動，仔細觀察，直到木塊滑動。
(重力以 W 、桌面支撐力以 N 、彈簧拉力以 F 為符號)



問題 1、一開始拉木塊而木塊尚未移動時，是什麼原因讓木塊靜止，不是有施力拉它嗎？

木塊之力圖	文字說明(簡述)	受力之數學關係
		


統整：

- 當施一個拉力要使木塊滑動時，木塊和桌子之間有一個力量會抵抗木塊的運動，這便是_____。
- _____為存在於兩物體的接觸面，阻止物體運動的力。

圖 4-13：單元三活動一之任務一

任務二、以有讀數的彈簧秤重複任務一，緩緩拉動木塊，直到木塊移動。並記下木塊滑動前的彈簧秤讀數 3 組(差距大一些)，以及木塊滑動瞬間的讀數。

木塊



	1(靜止)	2(靜止)	3(靜止)	4(移動瞬間)
拉力 F				
摩擦力 f				

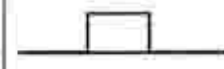
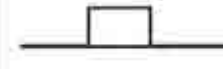
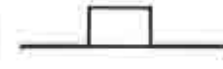
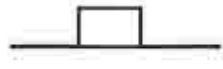
木塊之力圖 (水平方向)				
文字說明 (簡述)				
F 與 f 間 之數學關係				

圖 4-14：單元三活動一之任務二

任務三、請畫出「物體由靜止到移動瞬間」，外力 F 和摩擦力 f 之間的關係圖。

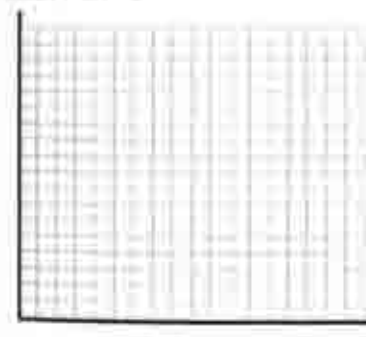
關係圖	文字描述
<p>摩擦力 $f(gw)$</p>  <p style="text-align: right;">拉力 $F(gw)$</p>	

圖 4-15：單元三活動一之任務三

任務四、滑動那一瞬間的讀數對於摩擦力有何意義(或相關)

小組討論	老師講解

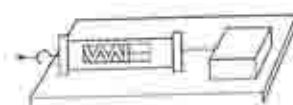
統整：

1. 當物體還是靜止時的摩擦力稱為「靜摩擦力」。
2. 在木塊尚未移動前，施力越大，靜摩擦力越大，且靜摩擦力大小等於施力大小。
3. 物體在靜止時的靜摩擦力，其大小會隨外力增加而變大，而靜摩擦力的變大並不是無限的，而是有一個最大值，稱為「最大靜摩擦力」。
4. 當施力大於最大靜摩擦力的時候，合力不再為零，此時便可以將木塊拉動。

圖 4-16：單元三活動一之任務四

小試身手：

1. 附圖是小華利用彈簧秤求最大靜摩擦力的實驗裝置。木塊重量為 200 公克重，置放在水平木板上。試回答下列問題：



- (1) 當一個物體在另一個物體表面上滑動，或有開始滑動之傾向時，在接觸面之間，常有一種阻止運動之力，此力稱為：(A) 摩擦力 (B) 向心力 (C) 萬有引力 (D) 大氣壓力。答：_____。
- (2) 若右邊為向東，則有一物體向左前進時與地板的摩擦力方向應為：(A) 向東 (B) 向西 (C) 向南 (D) 向北。答：_____。
- (3) 未施力前木塊呈靜止，此時摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：_____。
- (4) 當彈簧指示 20 公克重，木塊仍靜止在木板上，此時摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：_____。
- (5) 繼續拉木塊，當木塊開始運動的瞬間，彈簧秤的讀數為 120 公克重，則其最大靜摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：_____。
- (6) 若在本塊上加 100 公克重的物體時，則施力至少需幾公克重以上方能再將木塊拉動？(A) 100 gw (B) 120 gw (C) 180 gw (D) 200 gw。答：_____。

圖 4-17：單元三活動一之小試身手(1)

(二)因疫情將力與壓力單元轉成線上教學版

此外，因應疫情停課不停學，本單元為了符合能夠線上上課，也將設計好的活動單轉成線上教學版，如附件。首先，轉為線上教材後，搭配均一教育平台等線上資源，選取部分教學短片轉成 QR CODE 給予學生掃描、觀看，也提供影片表徵教學，如圖 4-18 所示。其次，將活動單全部轉成 PPT 簡報，除能夠保留原本 5E 的探究流程以及多重表徵的呈現外，也能利用簡報中的動畫功能，提供不同表徵間的轉譯關聯，如圖 4-19-圖 4-23 所示。最後，針

對動手操作的活動，能夠請學在家自己操作的部分便請學生自行操作，例如藉由比較用手在桌上推動和手用力壓住桌面後再推動之間的差異，探討正向作用力對最大靜摩擦力的影響；而不能在家操作的活動則由老師事先拍好影片，並在上課過程中給予學生觀察、預測、解釋、討論等。例如大氣壓力壓爆啤酒罐(<https://www.youtube.com/watch?v=Do2iRFy00a8>)和真空瓶中的氣球變化(<https://youtu.be/FDz2o765l-4>) (<https://youtu.be/zRtiIPc-05k>)。

活動二、力的圖示與力的單位

前言：物體受到地心引力的吸引會往下掉，物體的重量是受到地心引力的大小，稱為重力。因此，當我們在敘述地心引力這一個力的時候，除了說出它的大小，還會指出它的方向，這樣才是一個完整的力的描述！現在，請問同學，可以如何描述自己所受地心引力之情形呢？

任務一、請掃描右圖 QR Code 觀賞短片，並完成下列問題：

1. 要完整描述一個力時，必須指明三個要素。

那就是：_____、_____、_____。

(1) 力是有大小、有方向的物理量。

(2) 通常以有箭頭的線段「→」來代表力。長度：代表力的大小。

箭頭：代表力的方向。

2. 具有質量的物體在地球附近時，會受到一股指向地心的作用力，稱為物體的重量或所受的重力。

而我們常使用_____ (kgw) 或_____ (gw) 作為力的單位。



科學教育 YouTube
訂閱教學影片應用

圖 4-18：力與壓力單元-簡報版短片應用範例

前言：將兩本書本交疊在一起，兩個人各站一邊拉著書本，試著將書本拉開，容易嗎？為甚麼？



圖 4-19：力與壓力單元-簡報版前言

活動一、靜摩擦力

任務一：將有掛勾的木塊置於桌上，以彈簧緩慢拉動，仔細觀察，直到木塊滑動。
(重力以 G 、桌面支持力以 N 、彈簧拉力以 F 為符號)



問題1：剛開始拉木塊而木塊尚未移動時，是什麼原因讓木塊靜止，不是有施力拉它嗎？

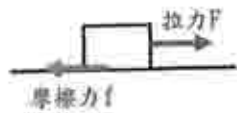
木塊之力圖	文字說明(簡述)	受力之數學關係
剛開始拉，木塊尚未移動時 	有一個阻止木塊移動的力，稱為摩擦力。 木塊靜止時，此力方向和外力大小相等，方向相反，作用在一直線上。	$f=F$

圖 4-20：力與壓力單元-簡報版任務一

活動一、靜摩擦力

	1(靜止)	2(靜止)	3(靜止)	4(移動瞬間)
拉力 F	20	50	90	>100
摩擦力 f	20	50	90	100

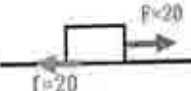
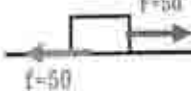
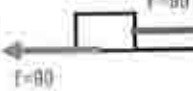

木塊之力圖 (水平方向)				
文字說明 (簡述)	合力為零 摩擦力大小等拉力	合力為零 摩擦力大小等拉力	合力為零 摩擦力大小等拉力	摩擦力達最大值 拉力大於摩擦力
F 與 f 間 之數學關係	$f=F=20\text{gw}$	$f=F=50\text{gw}$	$f=F=90\text{gw}$	$F>f=100\text{gw}$

圖 4-21：力與壓力單元-簡報版任務二

活動一、靜摩擦力

統整：

- 當物體還是靜止時的摩擦力稱為「靜摩擦力」。
- 在木塊尚未移動前，拉力越大，靜摩擦力也越大，且靜摩擦力大小等於拉力大小。
- 物體在靜止時的靜摩擦力，其大小會隨外力增加而變大，而靜摩擦力的變大並不是無限的，而是有一個最大值，稱為「最大靜摩擦力」。
- 當拉力大於最大靜摩擦力的時候，合力不再為零，此時便可以將木塊拉動。

	1(靜止)	2(靜止)	3(靜止)	4(移動瞬間)
拉力 F	20	50	90	>100
摩擦力 f	20	50	90	100

圖 4-22：力與壓力單元-簡報版統整

練習1

1. 附圖是小華利用彈簧秤求最大靜摩擦力的實驗裝置。木塊重量為200公克重，置放在水平木板上。試回答下列問題：



- 當一個物體在另一個物體表面上滑動，或有開始滑動之傾向時，在接觸面之間，常有一種阻止運動之力，此力稱為：(A)摩擦力 (B)向心力 (C)萬有引力 (D)大氣壓力。答：A
- 若右邊為向東，則有一物體向左前進時與地板的摩擦力方向應為：(A)向東 (B)向西 (C)向南 (D)向北。答：A
- 未施力前木塊呈靜止，此時摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：A
- 當彈簧指示 20 公克重，木塊仍靜止在木板上，此時摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：B
- 繼續拉木塊，當木塊開始運動的瞬間，彈簧秤的讀數為 120 公克重，則其最大靜摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：D

圖 4-23：力與壓力單元-簡報版小試身手

四、辦理科學閱讀活動成果

本計畫之社群除致力於發展融入多重表徵之五E探究式科學素養教材外，也逐漸將社群運作之影響力逐漸拓展到整個自然領域，甚至全校。因此，由以社群為主的幾位老師開始著手辦理校內科學閱讀活動，並且邀請自然領域與科技領域的同仁一起參與。總計10位自

然科教師指導 18 個活動關卡，其中有 10 個活動與本計畫發展的兩個單元有關，或者是社群會議中所討論的活動。本次活動則一律由三年級學長姐擔任關主，並且由全二年級進行闖關，其中當然包含本計畫的所有研究對象。總計當天 68 位三年級學生擔任關主，約兩百位學生闖關。闖關活動說明如圖 4-24 所示。

科學闖關活動原本預計上、下學期各舉辦一次，上學期由三年級學長當關主，讓二年級同學闖關；下學期改而二年級學生當關主，由一年級學生闖關，然因疫情因素，下學期活動延期辦理，至今尚未有機會舉行。

南投縣立延和國民中學 109 學年度 寒假 Fun 科學 闖關活動

一、活動目的：利用融合科學原理與動手做的科學遊戲，培養學生佈題、解決問題、表達溝通等關鍵能力；體驗科學的實用與趣味，激發學生自然科學學習動機與信心

二、活動時間：110 年 1 月 27 日(星期三)下午 13:00-16:00

三、活動方式：約 70 位三年級學生在自然科老師指導下，設計 18 個科學闖關活動，

讓全二年級同學分兩梯次進行科學闖關活動

1、第一梯次 13:10 集合完畢，13:20-14:35 闖關

班級	201	206	208	209
人數/隊數	23 人/5 隊	26 人/5 隊	21 人/4 隊	22 人/4 隊

2、第二梯次 14:30 集合完畢，14:40-15:55 闖關

班級	203	204	205
人數/隊數	31 人/7 隊	26 人/5 隊	27 人/6 隊

四、注意事項：

1、當天中午二年級各班在教室量體溫並記錄，發燒者請勿進入活動中心，參與活動者須全程戴口罩，並配合當日活動規範與要求。第一梯次於午休前量完體溫並記錄，第二梯次於第五節下課量體溫並記錄。

2、同學請以小隊為單位闖關，每隊可 4-5 人，每班依上表核定隊數分隊。

3、每一個關卡每次最多接受兩個小隊闖關；或者一隊闖關時，可有一隊排隊！

4、每一小隊一張闖關集章卡；各關卡達成任務即可蓋章。活動結束後統計，收集最多章的小隊(依序取前 10 隊)將發與小禮物；若因同章數超過 10 隊者，抽籤決定之。

圖 4-24：科學闖關活動說明



闖關活動大合照(第一梯)



闖關活動場地俯瞰



闖關活動照片-1



闖關活動照片-2



闖關活動照片-3



闖關活動照片-4



闖關活動照片-5



闖關活動照片-6

五、本計畫發展科學素養導向教材實施教學之教師與學生反思與心得歸納

本計畫請社群成員分別針對參與社群、教材發展與教學、舉辦闖關活動等提出心得與反思。經整理分析歸納出以下幾點：

(一)本計畫組成社群提供成員多元、更專業的對話，增進成員間的協作，改善了過往領域內會議較為表面且無法聚焦的討論窘境。參與的教師也能從中獲得啟發，並嘗試改變自己過往的教學模式。

科學社群的專業對話，一直是校內期望落實的焦點。有科教專案計畫的引領下，參與計畫的老師們，每次對話的目標性較明確，討論的結果也變得較有實際成效，因為每次的討論都會落實到課程設計，對於執行課程的困難，也使得對話的深度可以愈來愈深入。

(反思心得-T01)

參加這個計畫讓我願意嘗試不同教學法，以前是講述為主，每一節課會進行實驗課，現在是每周次數增加到2次，會想者多讓學生有動手操作的機會，並藉由實驗活動引導學生。

(反思心得-T02)

在教學的生涯中，我通常都是單打獨鬥的，因缺乏同儕的提攜與合作，所以總是平淡而無味。而在參加了本次的教學團隊後，自己在教學上的不足之處漸漸改進了，教學的成就感也就提升了。且在與師友的討論過程中，彼此間都有著不言可喻的貢獻與收穫。如此一來，隨著教材的進化，教學之樂，比以前就更多了。

(反思心得-T03)

參與這個計劃後，每次的會議都有討論的主題與目的，雖然感覺常常有作業壓力，但卻能夠推進我改變教學，試著嘗試不同的教學方式。

(反思心得-T05)

(二)本計畫發展的教材能夠提升學生合作學習的能力，也能培養學生表徵應用的能力。雖然學生一開始的討論與溝通較為緩慢，圖表的使用能力也欠缺，但是經過一次又一次的嘗試，慢慢地在此間的溝通互動變得更為熟練，不同形式表徵的運用也更上手。

實施了幾堂課下來後，觀察到學生有幾項改變：1.在分組討論與實驗操作時，漸入佳境，能知道要做甚麼事，對於實驗操作、討論及上台發表的流程及時間越來越能掌握。2.有些學生對數據處理、關係圖繪製越來越上手，能正確畫出關係圖形，如質量固定，加熱時間與上升溫度的關係圖。

(反思心得-T02)

因為教材的設計本來就以多重表徵的使用為原則，因此在上課過程中可以看到學生不斷的討論、紀錄、畫圖等……

(反思心得-T04)

原本以往的上課以講述為主，學生表達的機會雖然有，但多在提問的時候；而這次設計的課程，學生主動參與的比例很多，也因此多了許多討論、溝通的機會。

(反思心得-T05)

(三)闖關活動的辦理能夠豐富學生的學習，除能讓學生發揮合作學習與表徵應用的能力外，也提供更多未來進行教學活動的契機。

計畫中驗收孩子的學習成果，除了接受成就、科學態度後測外，孩子們還經歷科學闖關籌備、擔任關主的過程，從闖關题目的思考、文獻探討、關卡反覆實驗、闖關海報的繪製、當天擔任關主等流程，孩子做中學，長達一個月的過程，雖然辛苦，但是看到學弟妹們對於學長姐用心備關的態度，我想他們真正做到了教(學長姐)學(學弟妹)相長。

(反思心得-T01)

這次科學闖關活動內容涵蓋生物、理化、科技應用等，讓同學們去動手操作與體驗。這些闖關活動的過程，是讓學生用寓教於樂的方式，去體驗5E探究式教學的參與、探究，日後老師在課堂上講到相關單元，一舉例時，就能喚醒同學的舊經驗，提高其課堂參與的動機。

(反思心得-T02)

闖關活動，或許也可以為關主學生與闖關同學帶來更多的視角與樂趣。制式的教學已不太能滿足學子的需求，而此活動恰可為學生的學習與發展注入一股活水。當然，活動中有不足的地方我們也會在加以進化，以為下次的闖關活動做準備。隨著不斷的創新與調整，才能為自己的獲益與學生的學習達到最好的效果。

(反思心得-T03)

闖關活動不僅讓學生可以經所學的概念在科學活動中展現，關主引導活動的過程中也得試著用不同的方式向學弟妹提問、講解。這就好像老師在上課時帶領學生探究一樣。相信關主和闖關的學生都能有相當的收穫。

(反思心得-T04)

從活動中，有經驗傳承與分享，有合作溝通與學習，無形中，這樣地潛移默化，就會在彼此心中留下深刻印象，相信這過程會奠定一個基礎，有助於提升同學們日後的科學能力與素養。

(反思心得-T05)

(四)社群成員缺乏足夠的共同時間聚集在一起之時間不足問題，以及較多的動手操作活動與討論分享等探究歷程花費較長時間導致進度壓力等問題依然難以避免，尚待解決。

討論時間不是太足夠，卻也一直是我們領域的困難，太多排課或師資上的困難導致，不管是找時間開設群會議，還是約參與計畫的同仁討論教材，大家課太多、太重，都太忙了。

(反思心得-T01)

待突破的難處還是教學進度的壓力，探究活動固然能夠引起學生動機，並提供同學互動討論的機會，也能給予學生再探究、紀錄、討論中應用許多不同表徵，然而太多的探究過程確實造成課會上不完的压力。

(反思心得-T02)

最花時間的是在討論和分享階段，要給予時間讓學生小組討論，並將結果呈現給全班，此時老師還需要從中引導學生描述出正確的概念，或許是因為還不夠熟悉這樣的方式，每每覺得進度有點慢，課快上不完。

(反思心得-T04)

此外，在進行完課程教學後，也請學生針對該次上課過程提出心得與反思，經整理分析，從回答較完整的學生表達中，發現如下：

(一)本計畫發展的教材因較多的動手操作活動能夠提高學生的學習意願，學生也多能透過活動的操作與討論，更具體的感受科學概念的實際展現，較能夠理解，也較有印象。

利用更多的實驗引導我們理解內容，內容很豐富。
比較有趣
用實驗上課的話比較能理解所代表的原理 也比較有趣
活動做的比較多
有較多實驗，更容易了解原理
多了很多課本沒有的實驗 而且都很有趣
使用教材上課比較能親身體會對學習較有幫助
我覺得用教材上課比較容易搞懂它的因素和原理
我覺得用教材上課會比較有印象會更了解這個東西在講什麼

(二)除了平常的文字/口與描述外，學生也多能嘗試用圖、表格等不同形式的表徵來進行表達與溝通，同時學生表示本計畫教材提供共多討論機會讓他們彼此間可以互動、討論。

會；用文字表達不清楚就可以用圖表來解釋
我會用圖表的形式來跟他表達，因為可以讓他有一個方向去弄懂這個東西
會吧，因為用其他形式表達給他時，自己能在學一遍
圖畫 因為畫給他們看比較易懂
會；因為用不同的角度去看一件事會有不一樣的想法
嘴巴，圖解，文字，肢體語言。
文字，圖，表格
用文字或圖表來敘述
用圖表的方式表達 能比較好理解某些名詞或某些現象

有 討論自己遇到的問題
有 討論這個實驗的目的 還有結果 為甚麼會產生這些現象等等
有討論為什麼要做這些東西
有。討論為什麼會這樣，推理其中的原因
討論誰負責拿東西，誰負責清理
有，老師上課聽不懂的
有；討論對課程的疑問
有 大多都是實驗要怎麼做有什麼步驟要注意什麼
有，討論為什麼會有這些現象，要怎麼做

(三)閒關活動不僅提高了學生對於學習理化的興趣，也會因此覺得理化很有趣，並透過閒關活動的參與，提高了對科學概念的理解

讓我更了解一些理化的東西
了解更多理化的原理
了解原理
對一些活動更了解了
會增加大家對理化的興趣
有實際體驗
理解一些科學現象
有！非常有趣
讓我更加喜歡理化
了解那些原理
學習更多理化知識
在玩樂中學習效率會高一點
學到一些以前沒學過的東西
更了解為什麼會有這些作用
邊玩邊學習能提高興致
理化就近在眼前，而不是課本上的知識。
由實作來加強記憶
可以複習以前上過的以及實際操作
了解到每個單元運用到原理，更能理解學過的觀念和未來將會學到的單元。
闖關讓我們理解了更多原理
簡單易懂的理解原理
可以學到許多利用科學做出來的活動
會更有心去想要了解緣由
有些都是課程裡有的

伍、結論

本計畫依據前述計畫執行成果以及研究發現，做出以下結論：

- (一) 成立自然科教師社群，並透過(1)鼓勵社群人員參加校內外科學素養相關研習研討會，並與社群成員分享。(2)邀請大學物理教育領域教授作為專家指導，並由特定人員定期至大學與其科教團隊進行研究討論與諮詢。(3)定期召開社群會議進行文獻探討、參與研習或研討會之心得分享、教材發展分享與討論等方式，能夠促進社群成員共同發展融入多重表徵之5E探究式科學素養導向教材。
- (二) 本計畫所發展的多重表徵融入5E探究式策略所發展的科學素養導向教材，能夠有效提升學生之科學素養，包含「探究能力」、「符號運用與溝通表達」和「人際關係與團隊合作」等素養。
- (三) 辦理科學闖關活動不僅能夠讓學生應用所學概念，動手操作的活動更能提高學生對理化學習的興趣。此外，關主在與同儕共同準備關卡的過程，以及引導學弟妹闖關的過程，也能培養合作溝通等素養。
- (四) 社群組織的運作以及探究課程的進行等，時間的不足是面臨的最大困難。

(一) 中文文獻

- 左台益、蔡志仁(2001)。高中生建構橢圓多重表徵之認知特性。《科學教育學刊》，9(3)，281-297。
- 林建隆、徐順益(2007)。國中自然與生活科技教師發展 5E 探究式光學單元教學模組之研究。《物理教育學刊》，8(1)，1-16。
- 教育部(2014)十二年國民基本教育課程綱要總綱。取自 https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-7944_c639-1.php?Lang=zh-tw
- 教育部(2018)十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校-自然科學領域。取自 https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-14113_c1594-1.php
- 張春興(1996)。《教育心理學：三化取向的理論與實踐》。臺灣東華。
- 張慧貞(2009)。由學習理論的變遷探討大學物理教學革新動向。《課程與教學季刊》，12(2)，77-106。
- 張維倫(2012)。結合作學習與 5E 學習環的生物教學。《中等教育》，63(1)，120-139。
- 張欣怡、張淑苑、羅慶璋、洪振方(2015)。知識整合數位課程促進學生科學素養：以化學反應概念為例。《教育科學研究期刊》，60(3)，153-181。
- 張英琦、林建隆、鄭孟斐、張誌原(2017)。多面向概念改變架構融入 5E 探究式教學策略對概念改變成效的探討-以轉動與力矩單元為例。《師資培育與教師專業發展期刊》，10(3)，87-117。
- 陳麗華、葉韋伶、林君憶、張復萌、何思璉、張月霞，... & 李涵鈺(2017)素養導向教材設計：理念與實踐。《教科書研究》，10(2)，161-209。
- 新知勤(2014)。台灣所需優先解決的科學教育問題-科學與科學教育學者的觀點。《教育學報》，42(1)，53-76。
- 黃聰惠(2018)。科學態度與科學素養之相關研究。《臺灣教育評論月刊》，7(7)，142-145。
- 黃琇屏(2019)。淺談師培生應具備的核心素養。《臺灣教育評論月刊》，8(12)，6-11。
- 游自遠(2019)。素養導向教學的實踐：深化學習的開展。《臺灣教育評論月刊》，8(10)，6-12。

(二) 英文文獻

- Ainsworth, S.(2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- Ainsworth, S. (2008). How should we evaluate multimedia learning environments? In *Understanding multimedia documents* (pp. 249-265). Springer US.
- Bruner, J.S.(1964).The course of cognitive growth. *American sychologist*, 19(1), 1.
- Bruner, J. S. (1985). Vygotsky: A historical and conceptual perspective. In I.V. Wertsch (Ed.), *Culture, communication and cognition: Vygotskian perspectives* (pp.21-34). Cambridge

University Press, England.

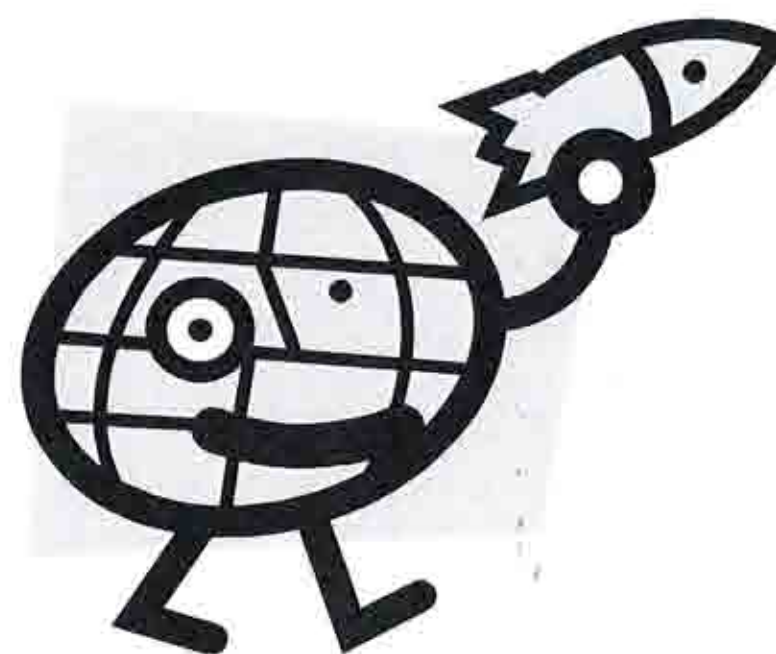
- Bybee, R. W. & Landes, N. M. (1988). The biological sciences curriculum study(BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications. Colorado Springs: BSCS. *International Journal of Man-Machine Studies*, 29, 407-427.
- Coleman, J. M., McTigue, E. M., & Smolkin, L. B. (2011). Elementary teachers' use of graphical representations in science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 613-643.
- Janvier, C. (1987). Translation processes in mathematics education. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics*, 27-32.
- Jewitt, C., Kress, G., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). Exploring learning through visual , actional and linguistic communication: The multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, 53(1), 5-18.
- Jennifer Yeo & John K. Gilbert. (2014). Constructing a Scientific Explanation-A Narrative Account, *International Journal of Science Education*, 36(11) , 1902-1935
- Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 883-903
- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of research in science teaching*, 34(9), 949-968
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105-143.
- Kozma, R.B. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226..
- Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-146).
- Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*, 11(1), 65-100.
- Lin, J. L., Cheng, M. F., Chang, Y. C., Li, H. W., Chang, J. Y., & Lin, D. M. (2014). Learning activities that combine science magic activities with the 5E instructional model to influence

secondary-school students' attitudes to science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(5), 415-426.

- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843-1866.
- Roth, W. M., & Bowen, G. M. (2001). Professionals read graphs: A semiotic analysis. *Journal for Research in mathematics Education*, 159-194.
- Salomon, G. (1993). No distribution without individuals' cognition: A dynamic interactional view. *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*, 111-138.
- Snyder, W., Wenger, E., & BRIGGS, X. (1999). Communities of practice. *Lessons learned from Auburn Hills. DaimlerChrysler Corporate University, Stuttgart*.
- Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59(10), 891-897.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65-80.
- Waldrip, B., & Prain, V. (2012). Learning from and through representations in science. In *Second International Handbook of Science Education* (pp. 145-155). Springer Netherlands.
- Waldrip, B. (2014). Impact of a representational approach on students' reasoning and conceptual understanding in learning mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(4), 741-765.
- Wati, F., Sinaga, P., & Priyandoko, D. (2017, September). Science Literacy: How do High School Students Solve PISA Test Items?. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 895, No. 1, p. 012166). IOP Publishing.
- Wu, H. K., & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754-767.
- Zhang, J., & Patel, V. L. (2006). Distributed cognition, representation, and affordance. *Pragmatics & Cognition*, 14(2), 333-341.

延和國中理化科探究教材

溫度與熱單元



班級：_____

座號：_____

姓名：_____

目 錄

5-1 溫度與溫度計	01
活動一、溫度與溫度計	01
活動二、自製水溫度計	02
活動三、華氏溫標與攝氏溫標	03
5-2 熱量與比熱	05
活動一、探討水溫度上升的因素	06
活動二、探討不同物質受熱後溫度上升的差異	10
活動三、熱平衡	14
5-3 熱傳播	16
活動一、親身體驗	16
活動二、不同物質的熱傳導差異	16
活動二、熱對流	19
活動三、熱輻射	23
5-4 熱對物質的影響	25
活動一、生活中的熱新聞	25
活動二、測量冷熱的溫度計	26
活動三、乒乓球遇到熱情的水	26
活動四、微觀來看物質吸熱、放熱時，分子發生的變化	27
活動五、Homework 回家繼續點燃愛情	27
活動六、烤烤	28
活動七、暖身運動	29
活動八、物質有三態	29
活動九、一起來變態	30
活動十、微觀解釋物質吸熱放熱產生型態轉變時，分子的變化	31
活動十一、熱力大考驗	31

5-1 溫度與溫度計

活動 1、溫度與溫度計

前言：不久前因疫情發布學校校園防疫及安全管理措施，實施進入校園量測體溫並以 75%酒精消毒雙手，凡耳溫 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 或額溫 $\geq 37.5^{\circ}\text{C}$ 者，將要求儘快就醫後返家休息，禁止入校。而除了學校外許多單位也配合實施測量體溫等措施。相關措施也造成當時耳溫槍和額溫槍一槍難求。然而測量溫度的工具並不只有耳溫槍或額溫槍，還有其他不同型式的測量工具，應用的原理不相同。接下來就讓我們一起探討溫度與溫度計的概念。

一、物體的冷熱程度可以用「溫度」來表示，而溫度計便是測量溫度的工具。除了耳溫槍和額溫槍外。同學還知道哪些其他測量溫度的工具呢？

小組討論	老師講解
------	------

二、上述這些溫度計分別是利用何種原理來測量溫度的呢？

小組討論	老師講解
------	------

三、每組請組長用桌上的熱水調配出適合洗澡的水。每一個同學盡快觸摸看看，預測一下水溫多少。接著使用溫度計測量實際的水溫。

預測：甲_____、乙_____、丙_____、丁_____、戊_____
實際測量水溫：_____。

四、你覺得適合用感官來決定溫度的高低嗎？為什麼？

小組討論	老師講解
------	------

統整：_____是用來描述物體冷熱程度的物理量；能客觀、精確呈現溫度的工具稱作_____。

活動二、自製水溫度計

在錐形瓶中裝滿染色的水，將裝有玻璃管的橡皮塞，塞緊錐形瓶，使水位上升至玻璃管中，並在液面處做一記號。依據下列各步驟進行操作，並以手機或 iPad 對水面變化進行慢動作攝影。

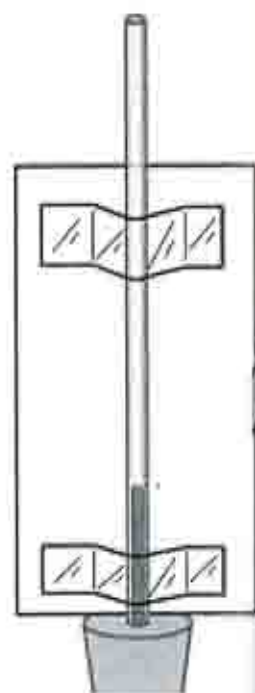


- 一、將錐形瓶連同一支溫度計放入熱水中一段時間，觀察玻璃管水面的變化現象並在液面處標註記號。同時記錄溫度計上的讀數。

我預測水面_____
觀察到水面_____
原因為_____
此時溫度計讀數_____

- 二、將錐形瓶連同一支溫度計放入冰水中一段時間，觀察玻璃管水面的變化現象並在液面處標註記號。同時記錄溫度計上的讀數。

我預測水面_____
觀察到水面_____
原因為_____
此時溫度計讀數_____



- 三、將錐形瓶放入室溫的水中一段時間，並在液面處標註記號，藉由水面位置推算出水溫

小組討論	老師講解
------	------

- 四、自製水溫度計在使用上有哪些可能造成測量不準確的原因？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

上述活動是利用液體熱脹冷縮的特性來製作溫度計，生活中常用的液體溫度計有水銀溫度計、酒精溫度計等，另外也有利用固體、氣體熱脹冷縮來製作的溫度

活動三、華氏溫標與攝氏溫標

前言：

同一溫度有不同的表示法，雙標溫度計可輕易的讀取到當前測量目標的攝氏與華氏溫度。

華氏溫標（°F）是德國物理學家加布里埃爾·華倫海特所提出的一個溫標。當時他使用三個參考溫度來標示他的刻度。將溫度計放入由冰、水以及氯化銨所混合而成的鹽水中，量的刻度即為零度，因為這是當時能製造出最低溫度的物品。第二個刻度是 32 度，為將溫度計放恰好有冰形成於表面的水中所量得的刻度。第三個刻度為 96 度，為將溫度計照含入口中。之後，其他科學家觀察到水的沸點比冰點約高 180 度，並決定重新決定華氏溫標，使得沸點剛好高於冰點 180 度。因為這個緣故，人體的正常體溫也修正成了 98.6 度，而不是原來的 96 度。目前華氏溫標制定的方式是在標準大氣壓下，冰的熔點為 32°F，水的沸點為 212°F，中間有 180 等分，每等分為華氏 1 度。

1742 年，瑞典天文學家安德斯·攝爾修斯將一大氣壓下的水的沸點規定為 0°C，冰點定為 100°C，兩者間均分成 100 個刻度，和現行的攝氏溫標剛好相反。這麼做是為了避免負號的產生。因為瑞典長年低於冰點以下，利用與現在相反的溫標可以避免產生負數。直到 1744 年攝氏溫標才由卡爾·林奈改為現行的攝氏溫標：冰點定為 0°C，沸點定為 100°C。

（文章節錄自科學 Online 高瞻自然科學教學資源平台 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2686>）

- 一、根據上述回答下列問題：

- | |
|------------------------------------|
| 1、科學上把『水結冰的溫度』定為_____°C = _____°F。 |
| 2、科學上把『水沸騰的溫度』定為_____°C = _____°F。 |

- 二、桌上有一支雙標溫度計，請同學依據溫度計上的標示，回答下列問題：

- | |
|---|
| 1、目前室溫_____°C = _____°F。 |
| 2、攝氏 40°C 相當於華氏_____°F；華氏 86°F 相當於攝氏_____°C |
| 3、溫度上升攝氏 1°C 相當於華氏上升_____°F |

- 三、想一想，攝氏溫標與華氏溫標之間可以如何換算？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

- 表示物體溫度的標準，稱為溫標，常用的溫標有攝氏溫標（°C）與華氏溫標（°F）等。
- 攝氏溫度冰點訂為_____°C、沸點訂為_____°C；華氏溫標冰點訂為_____°F、沸點訂為_____°F。

小試身手：

- () 01. 已知水銀的熔點 -38.87°C ，沸點 356.58°C ，酒精的熔點 -114.1°C ，沸點 78.5°C ，若阿燦要前往零下 40°C 的南極探險，他應攜帶哪一種溫度計比較合適？
 (A)水銀 (B)酒精 (C)兩者皆合適 (D)兩者皆不合適
- () 02. 利用水「熱脹冷縮」的特性來測量溫度，則測量的範圍為下列何者？
 (A) $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ (B) $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ (C) $4\sim 100^{\circ}\text{C}$ (D)無限制
- () 03. 一錐形瓶內裝滿 36°C 的水，如圖所示，瓶口插有一支玻璃管，水面位置在O；若將此裝置製於沸水中，則水面位置O點會如何移動？



- (A)往上升 (B)往下降 (C)先降後升 (D)先升後降
- () 04. 如圖有四個相同的自製溫度計，試管內全加入紅墨水，當放入同一熱水內，哪一根試管的細管水面上升高度最高？(A)甲 (B)乙 (C)丙 (D)丁。
- () 05. 已知水在 0°C 時凝固、 100°C 時沸騰，水銀在 -37°C 時凝固、 357°C 時沸騰，而酒精則在 -114°C 時凝固、 78°C 時沸騰，今要測量的溫度範圍約在 40°C 至 128°C ，則選用何種物製造溫度計較恰當？(A)水銀 (B)酒精 (C)水 (D)皆恰當。
- () 06. 水銀常被用來做為溫度計的材料，是因為水銀具有下列何種特性？
 (A)熱脹冷縮很均勻，且沸點較高 (B)不會黏在玻璃上
 (C)密度較大 (D)安全無毒。
- () 07. 在 0°C 與 100°C 間，為何水不適宜做為溫度計的材料？
 (A)水的密度不會改變 (B)水在 4°C 以上不滿足熱脹冷縮的性質
 (C)水在 $0^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 是熱縮冷脹 (D)水有對流現象。
- () 08. 關於攝氏與華氏溫標的敘述，下列何者錯誤？
 (A)水的沸點為 212°F (B)水的冰點為 0°F
 (C)水的冰點為 0°C (D)水的沸點為 100°C 。
- () 09. 有一裝滿水的錐形瓶，塞上附有細玻璃管的橡皮塞，如圖， 20°C 時水面高出瓶塞2公分， 100°C 時水面高出瓶塞12公分，溫度上升 20°C 時，水面上升多少公分？
 (A)1.25公分 (B)2公分 (C)2.5公分 (D)3公分。

10. 華氏 122°F = $\quad\quad\quad^{\circ}\text{C}$ ；攝氏 40°C = $\quad\quad\quad^{\circ}\text{F}$

前言一：夏天到戶外曬太陽(圖1)與冬天曬太陽(圖2)各有甚麼感覺？



圖1



圖2

小組討論

老師講解

夏天曬太陽會覺得熱，體溫升高、會流汗；
 冬天曬太陽會覺得暖和、溫暖舒服

統整：

1. 太陽是個熱源，一直提供熱量；不管是夏天或冬天，曬太陽後會讓人覺得溫度升高。
2. 生活中有許多跟太陽一樣是熱源，會提供熱量的物品，如瓦斯爐、炭火、烤爐、酒精燈等。

前言二：一碗熱騰騰的白米飯放置桌上一段時間，會發現米飯的溫度慢慢下降。然而一杯常溫的水不管在室溫下放置多久，溫度都不會上升，這是為什麼？要如何使水溫升高呢？

小組討論

老師講解

統整：

活動一、探討影響水溫上升的因素

前言：生活中我們常需要將水加熱讓水溫升高，例如單純地想喝溫水，或想要泡奶粉、泡茶、泡咖啡等。那同學知道那些因素會影響水溫的上升嗎？

小組討論	老師講解
------	------

一、接下來我們想要探討加熱時間與水溫度變化的關係，該怎麼設計我們的實驗呢？

小組討論	老師講解
操作變因：	操作變因：
控制變因：	控制變因：
應變變因：	應變變因：

二、實驗一：探討加熱時間與水溫變化的關係

1. 用 250 毫升的燒杯裝 100 克的水，利用溫度計測得水的初溫 T_0 。
2. 將燒杯放置陶瓷纖維網上加熱，每隔 1 分鐘紀錄水溫 (T) ，同時算出水每分鐘上升的溫度 $(T-T_0)$ ，完成表格一。
(注意溫度計應在水中，不可碰觸到燒杯底部)
3. 取另一個相同的燒杯，改加入相同初溫 (T_0) 的水 200 克，重複步驟 2 及 3，完成表格二。



表格一：水 100 克，初溫 $T_0 = \underline{\hspace{1cm}}$ °C。

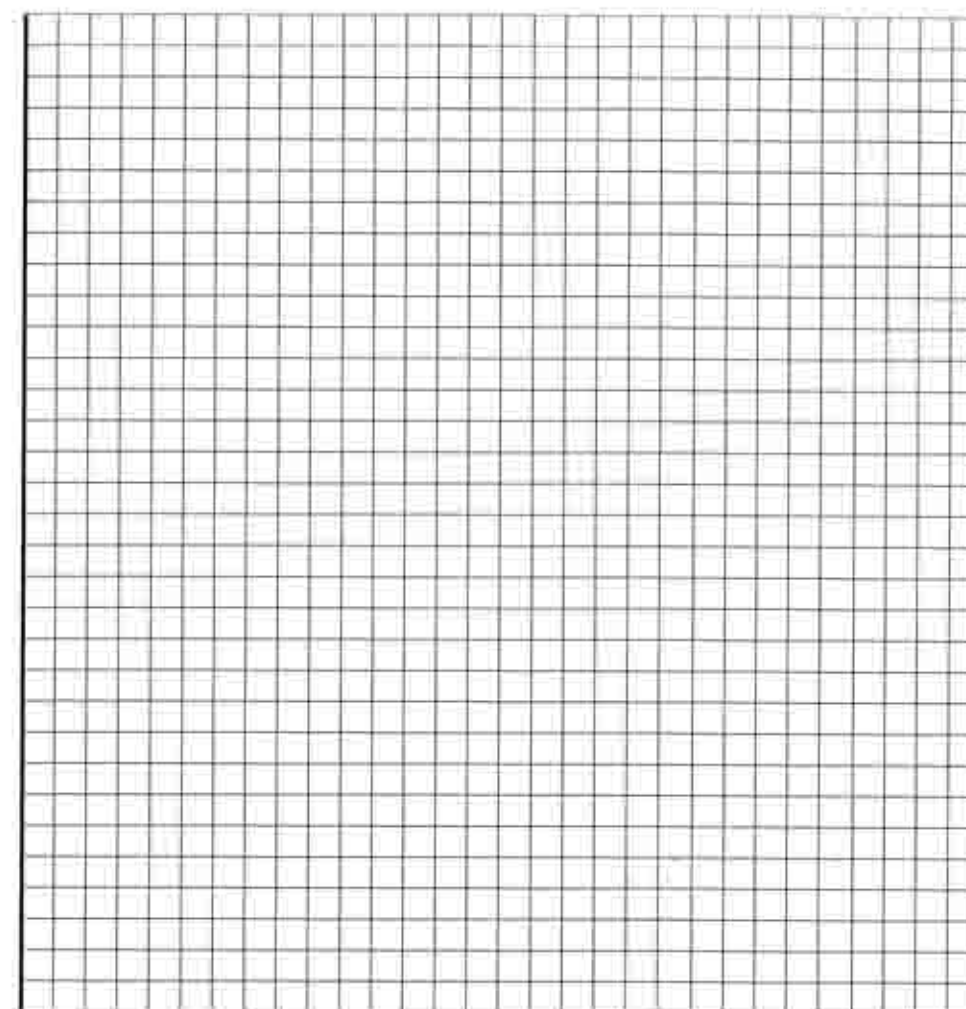
加熱時間	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
水溫 (T) (°C)						
上升溫度 $(T-T_0)$ (°C)						

表格二：水 200 克，初溫 $T_0 = \underline{\hspace{1cm}}$ °C。

加熱時間	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
水溫 (T) (°C)						
上升溫度 $(T-T_0)$ (°C)						

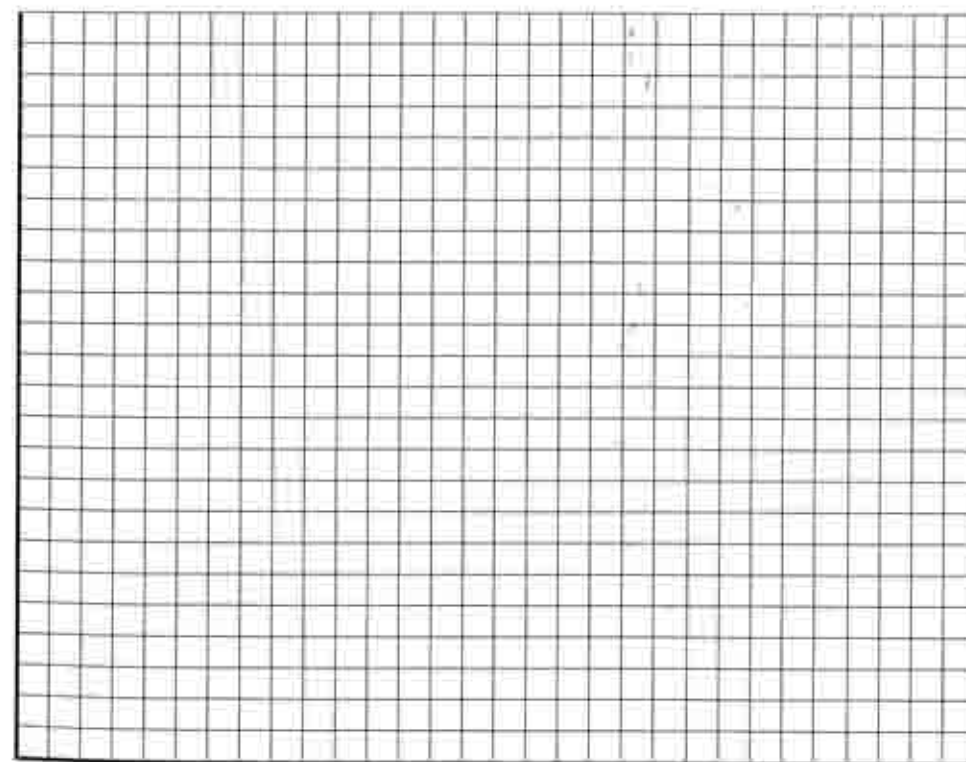
4. 依據上表畫出水的「水的溫度—時間」&「水的上升溫度—時間」關係圖

水的溫度(°C)



加熱時間(分)

水的上升溫度(°C)



加熱時間(分)

三、實驗一討論：依據表格一、表格二，以及關係圖，進行下列討論

(一)看表一、二中的數據及關係圖，你有發現當水的質量一定時，加熱時間和上升的溫度有甚麼關係嗎？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

1、加熱同質量的水，加熱時間越長，水的溫度越_____。

2、水的質量一定時，「水的上升溫度—時間」關係圖為_____，加熱時間與水的溫度變化成_____比。

(二)依據上述關係圖，請判斷100克及200克的水上升溫度相同時，200克水需要的時間約是100克水的_____倍。

小組討論	老師講解
------	------

統整：

1、上升溫度相同時，200克水需要的時間約是100克水的_____倍

2、上升溫度相同時，水的質量越大，加熱時間會越_____，且加熱時間與水的質量成_____比。

3、酒精燈作為熱源提供了熱量讓水溫上升。熱量的單位定為_____。

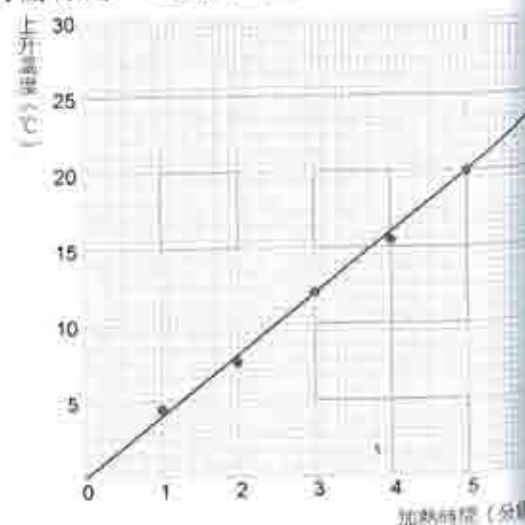
4、科學家定義「使1公克的水溫度上升1°C所需的熱量稱為1卡」。

5、1000卡等於1千卡，千卡又稱為_____。

小試身手：

01.右圖為加熱100公克水的上升溫度對加熱時間的關係圖，若以相同條件，分別加熱50公克及200公克的水，請畫出50公克、200公克的關係圖，並說明原因。

原因說明：_____



02.易成以穩定的熱源，加熱燒杯中100公克的水測得水溫與時間的關係如圖中直線。試回答下列問題：

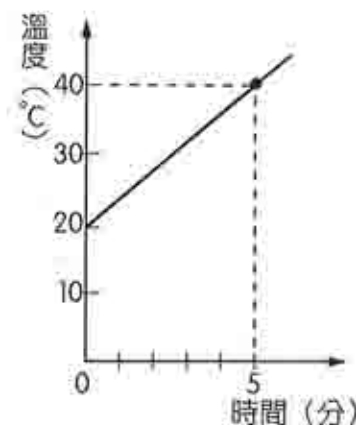
(1)此關係圖橫坐標和縱坐標分別代表哪個物理量？

(2)如何和此關係圖判斷100公克水的初溫？初溫又是多少呢？

(3)圖中黑點代表的意義是甚麼？

(4)這杯水加熱5分鐘，水溫上升了多少°C？如何知道？

(5)此穩定的熱源每分鐘提供多少卡的熱量給予100公克的水？



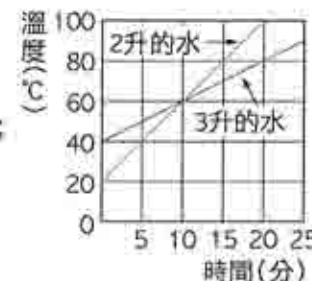
03.圖為電熱器A加熱2升水，及電熱器B加熱3升水之加熱時間及溫度變化圖，則：

(1)在2升和3升的水中，_____加熱速度較快。

(2)2升的水及3升的水，在加熱_____分鐘後，溫度相同。

(3)開始加熱10分鐘後，2升的水從電熱器A得到_____卡的熱；

3升的水從電熱器B得到_____卡的熱。



04.嘉惠以穩定的熱源加熱不同量的水，其實驗結果，下列敘述何者錯誤？(A)要使水產生相同的溫度變化，水量愈多加熱的時間愈長 (B)等量的水，加熱相同的時間，則上升的溫度相同 (C)不管水量多少，對水加進同樣多的熱，水溫變化的大小均相等 (D)同質量的水，溫度升得愈高，加熱的時間愈長。

05.將三個燒杯分別加入10g、40g及70g 20°C的水，放在同一熱源加熱5分鐘，若三杯皆未沸騰，則哪一杯的溫度最高？(A)10g的水 (B)40g的水 (C)70g的水 (D)三杯水皆相同。

06.某生將100公克之水加熱，得溫度與時間之數據如表所示，試問自第二分鐘至第六分鐘內水吸收多少熱量？(A)500卡 (B)600卡 (C)700卡 (D)800卡。

溫度(°C)	20	22	25	27	30	33
時間(分)	0	2	4	6	8	10

07.下列敘述何者正確？(甲)熱是一種物質；(乙)當兩物溫度一樣時，此時達到熱平衡狀態；(丙)所謂1 cal的熱量是指1克、1°C的水所含的熱量；(丁)1公克水上升1°C所需的熱量為1卡。(A)甲丙 (B)乙丁 (C)丙丁 (D)乙。

08.一粒花生米完全燃燒後，使100毫升水的溫度由20°C升高至45°C，則此粒花生米燃燒後，所釋放出來的熱能約為多少卡？(若無熱量損失的情況下)(A)1500 (B)2000 (C)2500 (D)3000

活動二、探討不同物質受熱後溫度上升的差異

前言：上一個活動中我們探討了加熱時間與水溫變化的關係，分別對 100 克的水與 200g 的水加熱，並且發現了加熱時間與水的溫度變化成正比，也與水的質量成正比。那如果加熱其他物質，溫度變化和加熱同質量的水相比又是如何呢？就讓我們以水和甘油（丙三醇）進一步來探討吧！

一、請同學預測一下，以同一熱源分別對「100 克的水」和「100 克的甘油」加熱相同的時間，溫度上升程度的大小為何？（哪一個溫度較易上升）

我的預測	小組預測
------	------

二、實驗二：加熱同質量水和甘油，探討物質種類與溫度變化的關係

- 分別以燒杯盛裝 100 克的水與油，然後以酒精燈加熱。
- 未加熱前，在下表中記錄物質的初溫，然後開始加熱，每隔 30 秒記錄溫度
- 依據表三和表四資料，畫出水和甘油的「上升溫度—時間」關係圖
(過程中以玻璃棒攪拌之，並且注意溫度計要懸空在水中，不可碰觸燒杯底部)

表格三：水 100 克，初溫 $T_0 = \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

加熱時間	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
水溫(T) ($^\circ\text{C}$)						
上升溫度(T-T ₀) ($^\circ\text{C}$)						

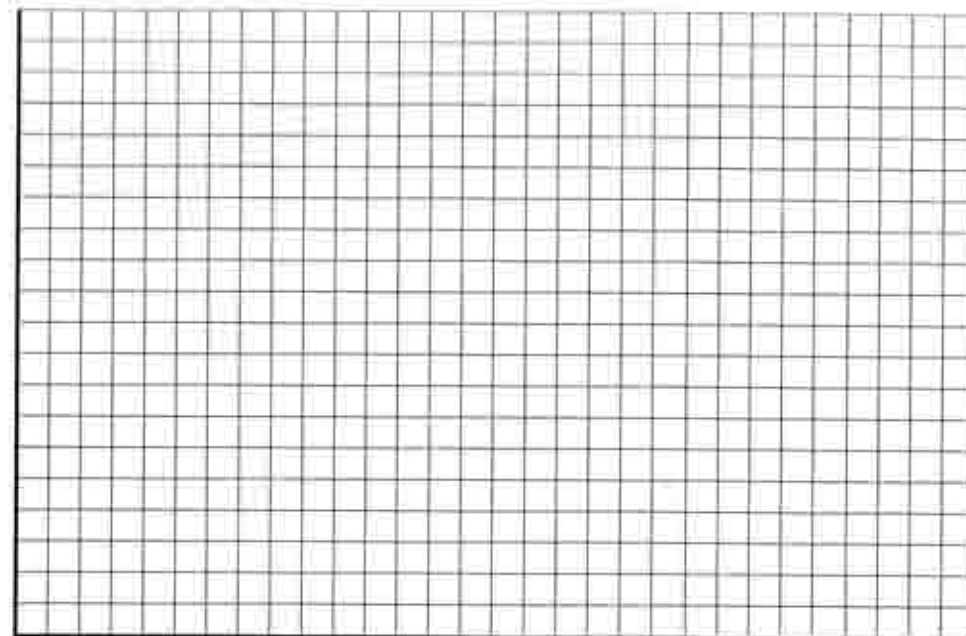
表格四：甘油 100 克，初溫 $T_0 = \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

加熱時間	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
水溫(T) ($^\circ\text{C}$)						
上升溫度(T-T ₀) ($^\circ\text{C}$)						

三、在此實驗中，操作變因、控制變因及應變變因各為何？

小組討論	老師講解
操作變因：	操作變因：
控制變因：	控制變因：
應變變因：	應變變因：

上升溫度($^\circ\text{C}$)



加熱時間(秒)

四、實驗二討論：依據表格三、表格四，以及關係圖，進行下列討論

(一)根據實驗結果，以同一熱源分別對「100 克的水」和「100 克的甘油」加熱相同的時間，溫度上升程度之差異為何？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

- 對相同質量的不同物質加熱相同時間，溫度變化的程度會不同，這是純物質的特性，科學上稱為_____。
例如上述實驗結果可以發現，加熱時間相同時甘油的溫度變化程度比同質量的水_____。
- 科學上定義比熱為：1 公克物質上升或下降 1°C ，所吸收或放出的熱量。

(二)已知 1 公克的水上升 1°C ，需要的熱量是 1 卡 (cal)。假設酒精燈每分鐘供熱穩定，依據上表，推算出 1 公克的甘油上升 1°C ，需要的熱量是多少？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

- 根據上表，100g 水每分鐘吸收熱量 = _____ (g) \times 1 (cal/g $^\circ\text{C}$) \times _____ ($^\circ\text{C}$) = _____ 卡
所以相同的熱源下，100 克甘油每分鐘吸熱的熱量 = _____ 卡

2、因此，100 克的甘油加熱 1 分鐘吸收_____卡熱量，溫度上升_____℃ 由此可知 1 公克的

$$\text{甘油上升 } 1^{\circ}\text{C，需要的熱量} = \frac{(\quad)\text{cal}}{(\quad)\text{g} \times (\quad)^{\circ}\text{C}} = \quad \text{cal/g}^{\circ}\text{C}$$

3、不同物質有不同的比熱，例如：

物質	水	甘油	冰	銅	鐵	鉛
比熱(卡/克℃)	1	0.58	0.55	0.093	0.113	0.031

4、水的比熱為 1，表示 1 公克的水上升 1℃ 所需的熱量為 1 卡，甘油的比熱為 0.58，表示 1 公克的甘油 1 上升 1℃ 所需的熱量為_____卡。因此同樣 1 公克，甘油只要 0.58 卡溫度就上升 1℃，但是水需要 1 卡的熱量才能上升 1℃。所以，給相同質量的水和甘油等量的熱量時，比熱小的甘油溫度上升比較多，因為比熱小表示每公克物質上升 1℃ 所需的熱量少。

5、同樣質量的物質，當供給同樣多的熱量時，比熱小的溫度上升多，比熱大的溫度上升少

(1) 提供 113 卡的熱量可以使 10g 的水(比熱 1 卡/克℃)溫度上升_____℃

(2) 提供 113 卡的熱量可以使 10g 的鐵(比熱 0.113 卡/克℃)溫度上升_____℃

6、綜合活動一和活動二，共有三個因素影響物質的溫度變化(ΔT)，分別是_____、_____和_____。

(三) 質量 M 公克的某物質，溫度上升 ΔT℃ 時，吸收的熱量若為 H，則物質的比熱 S 該如何表示？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

$$1、S = \frac{(\quad)}{(\quad) \times (\quad)} \quad (\text{單位為：}\quad)$$

$$2、H = (\quad) \times (\quad) \times (\quad)$$

(四) 水的比熱比許多物質大，同質量下，吸收/放出相同熱量，溫度變化會比較小。

請同學討論，生活中有哪些應用或現象與水比熱大、溫度變化小的特性有關？

小組討論	老師講解
------	------

小試身手：

01. 小敏使用同一熱源分別對相同質量的水及乾砂加熱，其結果如圖所示。假設熱源穩定，熱源所提供之熱量完全由水及乾砂吸收，且熱量散失可忽略，試回答下列各題：

(1) 如何從此關係圖判斷水和乾砂的初溫？分別是多少？

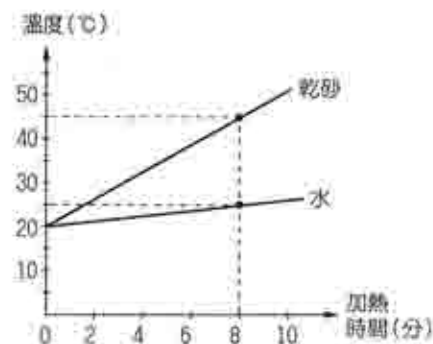
(2) 代表乾砂的斜直線上之黑點代表的意義為何？

(3) 代表水的斜直線上之黑點代表的意義為何？

(4) 加熱八分鐘時，水和乾砂哪一個吸收的熱量多？為什麼？

(5) 加熱八分鐘，水和乾砂分別上升多少溫度呢？

(6) 試推算出乾砂的比熱為何？



02. 下表為 A、B、C、D 四種物質的比熱，試回答下列問題：

物質種類	A	B	C	D
比熱值	0.285	0.082	0.143	0.025

(1) 10 公克 A 上升 10℃ 需吸收熱量_____卡

(2) 同質量的四種物質，由 80℃ 冷卻至 10℃，放出熱量最多的是_____物質。

(3) 相同質量的 A、B、C、D 在陽光下曝曬，接受陽光的面積相同，則_____物質溫度上升最快。

03. 將等質量且同溫度的各金屬投入 100℃ 沸水中，哪一種金屬溫度先上升到 100℃？

金屬	銀	銅	鋁	鐵
比熱 (cal/g·℃)	0.056	0.093	0.217	0.113

(A) 銀 (B) 銅 (C) 鋁 (D) 鐵

04. 太平洋中的夏威夷群島氣候穩定，四季都是觀光遊樂的好天氣，這是因為？

(A) 海水比熱大，溫度變化小 (B) 緯度較低 (C) 島上的火山長年噴出岩漿 (D) 地質結構主要是珊瑚礁岩。

05. 以相同的穩定熱源加熱 100 克、25℃ 的水可上升至 85℃，在相同時間內加熱 600 克某液體(比熱 0.5 卡/克·℃)，其溫度會上升多少℃？

(A) 10 (B) 20 (C) 30 (D) 40。

06. 某金屬塊 100 公克，吸收 186 卡後，溫度由 20℃ 上升至 40℃，則此金屬比熱為_____

07. 質量 200 公克、比熱 0.113 卡/克℃ 的鐵塊受到陽光照射，溫度由 30℃ 上升到 50℃，則此鐵塊吸收_____熱量？

活動三、熱平衡

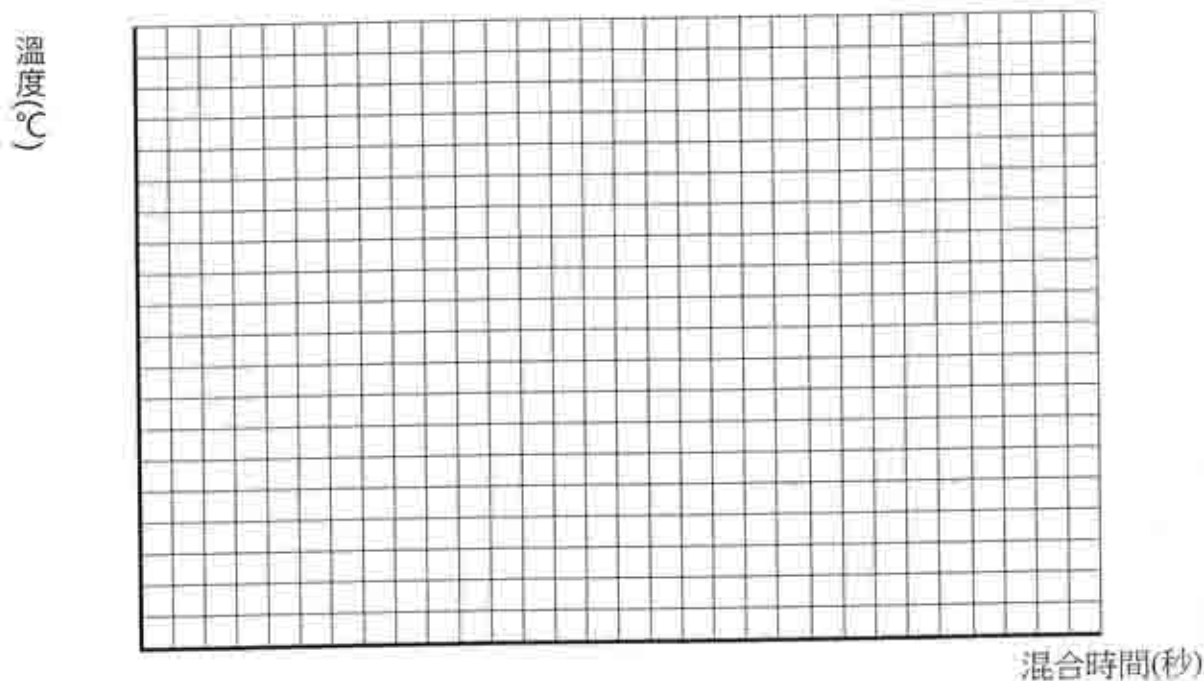
前言：最近天氣漸漸轉涼，許多同學會利用飲水機的熱水與冷水，調配出適當的溫水飲用，亦即取飲水機的冷熱水混合。然而同學們觀察到的都是混合後的溫水；究竟混合過程中熱水和冷水的溫度有什麼變化呢？下面的實驗就讓我們來進一步探討。

一、實驗三：冷熱水混合

1. 取 200 公克的熱水(飲水機取)，置入保溫瓶中，另取 100 公克的冰水放入塑膠袋中。
2. 熱水與冰水中各放入一支溫度計。並記錄一開始熱水和冰水的初溫，紀錄於表格五中。
3. 將裝有冰水的塑膠袋放入保溫瓶中，每 30 秒記錄兩支溫度計的讀數，並記錄在表格五中。
4. 最後，將冰水直接倒入熱水使其充分混合，並測量混合後之水溫，紀錄在表格五中。
5. 將表格五中的數據，畫出熱水/冷水 溫度與時間的關係圖。

表格五：熱水與冷水混合之溫度變化。

時間(秒)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	最後
熱水溫度(°C)												
冷水溫度(°C)												



二、實驗三討論：依據上述表格與關係圖，回答下列問題：

(一)在實驗三中，我們觀察到熱水的溫度隨著時間經過如何變化，其原因為何？

小組討論

老師講解

(二)在實驗三中，我們觀察到冷水的溫度隨著時間經過如何變化，其原因為何？

小組討論

老師講解

(二)實驗三中，熱水與冷水最後溫度會一致嗎？為甚麼？

小組討論

老師講解

(三)依據上述表格與關係圖回答下列問題：

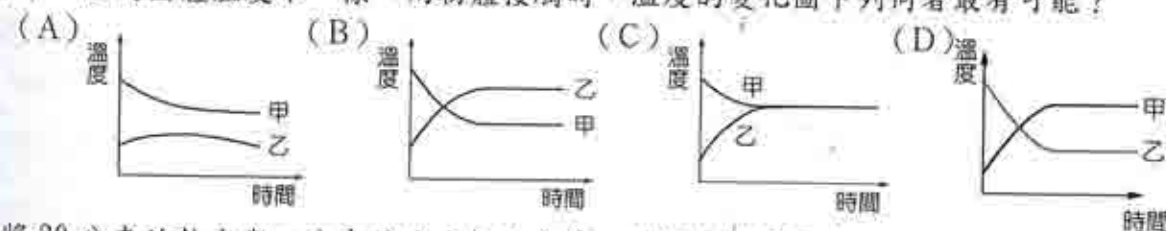
1. 冷水初溫為 _____ °C，熱水初溫為 _____ °C，充分混合後最終溫度為 _____ °C。
2. 冷水吸收熱量為 _____ 卡，熱水放出熱量為 _____ 卡；兩者差距 _____ 卡。

統整：

1. 當不同溫度兩物質互相接觸，熱量從 _____ 溫傳至 _____ 溫，最後溫度一致，此時達到 _____ 狀態。
2. 在絕熱裝置中，沒有熱量散失，高溫物質放出的熱量會等於低溫物質吸收的熱量。

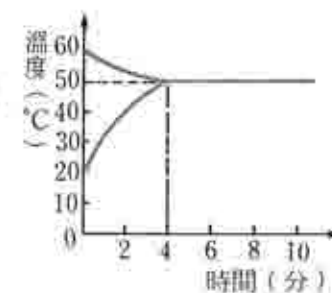
小試身手：

01. 10°C 的水與 50°C 的水混合時，在熱平衡的過程，分別是放熱還是吸熱？
(A) 10°C 的水吸熱，50°C 的水放熱 (B) 10°C 的水放熱，50°C 的水吸熱
(C) 10°C 和 50°C 的水都吸熱 (D) 10°C 和 50°C 的水都放熱。
02. 甲、乙兩固體溫度不一樣，兩物體接觸時，溫度的變化圖下列何者最有可能？



03. 某生將 30 公克的熱水與 x 公克的冷水相混合後，若沒有熱量損失，所得關係圖形如下，試回答下列問題：

- (1) 冷水初溫為 _____ °C，熱水初溫為 _____ °C，達熱平衡時的溫度為 _____ °C。
- (2) 冷水吸收熱量為 _____ 卡，熱水放出熱量為 _____ 卡。
- (3) 冷水質量為 _____ 公克。



04. 一杯 90°C 的熱水 100 公克和一杯 20°C 的冷水 300 公克相混合，假設沒有熱量的損失，則兩杯水混合後溫度變為 _____ °C。

05. 一杯 90°C 的熱水 100 公克和一杯 20°C 的冷水 300 公克相混合，假設過程中熱量散失 3000 卡，則兩杯水混合後溫度變為 _____ °C。

5-3 熱的傳播

前言：先前的單元我們學到兩物體因溫度不同而傳遞的能量稱為熱量，且這種傳遞一定是從高溫處傳到低溫處。熱量從高溫處傳播到低溫處在科學上稱為熱的傳播，而熱傳播的方式主要有傳導、對流、輻射等三種方式。了解熱的各種傳播方式後，生活中便可運用不同的方法以達到有效保溫、保冷或散熱/降溫等目的。例如寒冷的天氣穿羽絨衣可以保暖；將冷飲放在冰壩杯中可以保冷；將欲解凍的肉塊夾在兩個鋁鍋之間，肉就會比較快解凍；夏天天氣熱時打開氣窗可以讓室內氣溫稍降並通風；冷氣機應該安裝在房間的上方、電暖器應該放在房間的下方……等等。接下來我們將透過以下幾個活動來進一步探討各種傳熱方式。

活動一 親身體驗

一、請同學嘗試以下3個動作，並將感覺以及想法寫下來

1. 手捏耳朵

_____ 感覺冷 _____ 感覺熱。所以 _____ 失去熱量； _____ 獲得熱量。誰的溫度高 _____

2. 手摸桌子

_____ 感覺冷 _____ 感覺熱。所以 _____ 失去熱量； _____ 獲得熱量。誰的溫度高 _____

3. 與同學互握

_____ 感覺冷 _____ 感覺熱。所以 _____ 失去熱量； _____ 獲得熱量。誰的溫度高 _____

活動二、不同物質的熱傳導差異

一、實驗四：探討不同物質的熱傳導情形(1)

1、取三根粗細與長度皆相同的不同金屬棒，分別在每根金屬棒末端站立3根火柴棒並滴上蠟油固定之。(三根金屬棒上的火柴棒位置必須對應相同)

2、以酒精燈加熱金屬棒靠在一起的一端，並觀察火柴棒倒下的順序，記錄火柴棒倒下的時間。

棒子種類	火柴棒倒下的時間	熱傳導效果排名	備註
	a ₁ _____ b ₁ _____ c ₁ _____		距離熱源的大小 順序為 a<b<c
	a ₂ _____ b ₂ _____ c ₂ _____		
	a ₃ _____ b ₃ _____ c ₃ _____		

二、實驗四討論：根據實驗四的觀察與紀錄回答下列問題：

(一)同一根金屬棒上的三根火柴倒下的順序為何？想一想為什麼？

小組討論	老師講解
------	------

(二)哪根金屬棒上的火柴最先倒下，又是哪根金屬棒上的火柴最慢倒下？想一想這是為什麼？

小組討論	老師講解
------	------

三、實驗五：探討不同物質的熱傳導情形(2)

1、取三根粗細與長度皆相同的鋁棒、銅棒、玻璃棒，分別在每根棒子末端滴上椰子油。

2、將三根棒子靠在一起的一端放入食鹽和冰塊調製的冷劑中。

3、觀察並記錄三根棒子上椰子油凝固的時間。

棒子種類	椰子油凝固的時間	熱的傳導效果順序

四、實驗五討論：根據實驗五的觀察與紀錄回答下列問題：

(一)棒子上的椰子油為什麼會凝固？

小組討論	老師講解
------	------

(二)哪根棒子上的椰子油最先凝固，又是哪根棒子的最慢？想一想這是為什麼？

小組討論	老師講解
------	------

五、寒冷冬天用手觸摸教室外的木欄杆與鐵欄杆，哪一種欄杆感覺比較冰涼，依據上述幾個活動與實驗的結果，想一想為什麼？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

1、兩物體因溫度不同而傳遞的能量稱為 _____，熱具有從 _____ 溫處傳到 _____ 溫處的趨勢，這種傳遞稱為 _____。

2、透過互相接觸，熱在物質間傳播的方式稱為 _____。

3、不同的物質熱傳導效果不同，一般來說 _____ 物質比較容易傳導； _____ 物質比較不容易傳導。

4、在冬天，用手觸摸教室外的木欄杆與鐵欄杆時，感覺 _____ 欄杆比較冰涼，是因為 _____ 欄杆的 _____ 較好，而熱的傳導方向是從 _____ 到 _____。(欄杆/空氣/手)

小試身手：

1、為何鍋子或水壺的握柄大多使用木頭或塑膠，而不是金屬？

2、蓬鬆的羽絨衣能夠在寒冷的冬天發揮保暖效果，這是為什麼？

3、點燃的蚊香放在鐵板上容易熄滅，放在木板上則否，這是為什麼？

4、將欲解凍的肉塊夾在兩個鋁鍋之間，肉就會比較快解凍，這是利用到鋁鍋的何種特性？

5、在露營烤肉時，若在大塊肉中插入幾根長的金屬針，會使它更快熟，這是下列哪一項作用的結果？(A)熱傳導(B)熱對流 (C)熱輻射 (D)熔點高，不易熔化。

6、冬天時，木門的金屬把手摸起來往往覺得比木頭部分冷，小芬出下面四項解釋，哪一項敘述最合理？(A)金屬比熱較木頭大 (B)金屬密度較木頭高 (C)金屬溫度較木頭低 (D)金屬比木頭易導熱

活動二、熱對流

前言：「對流」是熱的傳播方式之一，也是日常生活中常聽到的詞語。例如，老師會請同學打開氣窗幫助對流、冷氣機要裝在房間上方對流才會好，或者地理課學到台灣西南部夏季午後常出現對流雨…等。那「對流」到底是一種什麼樣的現象呢？又是怎麼引起的呢？接下來就讓我們透過幾個活動來進一步了解對流的概念！

一、觀看老師撥放的影片，觀察空氣怎麼流動，並將每一段影片內容所呈現的現象以文字說明，並畫出示意圖。

(一)內容A：20秒~50秒。

文字說明	圖示

(二)內容B：2分~2分40秒

文字說明	圖示

統整：

1. 內容A中，熱空氣往外擴張導致實驗中的氣球_____，冷空氣往內收縮導致實驗中的氣球_____。
2. 內容B中，觀察破粒的走向可以發現熱空氣_____。

(三)內容C：3分~3分30秒，預測空氣的流動方向

文字說明	圖示

(四)內容D：4分~5分5秒。隔板中間的洞是用來讓空氣流動的，為什麼空氣在洞中的流動方向是向左呢？又為什麼在洞口的上端要加上一支長長的管子呢？

文字說明	圖示

統整：

(五)內容E：5分15秒~7分40秒。想想，如何在壓克力管不動的情況下讓燭火繼續燃燒？

文字說明	圖示

(六)內容F：8分~9分20秒。隔板的目的是什麼？為何影片中空氣在壓克力管內是左上右下呢？

文字說明	圖示

二、實驗六：探討水的熱傳播現象

1、取一試管中注水八分滿，手拿溫度計，由底端加熱1分鐘，測量試管上端的溫度。(圖A)

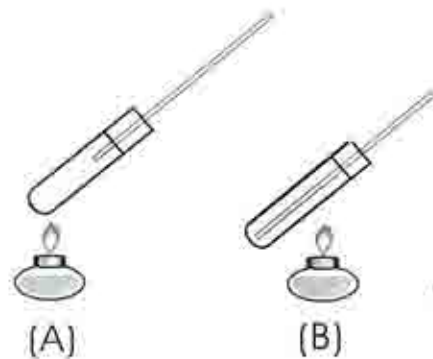
2、同步驟1但這次將酒精燈由試管上端位置加熱，測量試管底端的溫度。(圖B)

(一)請同學預測，加熱時間相同時，「A試管上端水溫」和「B試管下端水溫」有何差異？

☐ A試管上端水溫 > B試管下端水溫

☐ A試管上端水溫 = B試管下端水溫

☐ A試管上端水溫 < B試管下端水溫

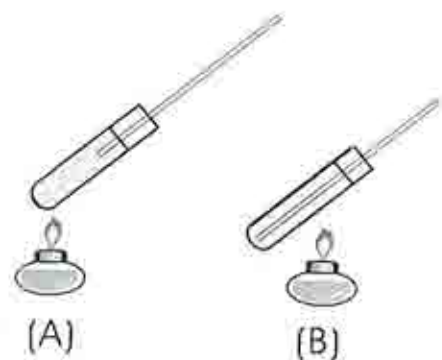


(二)實際加熱後，測量與觀察結果：

圖A加熱試管底端1分鐘後，A試管上端水溫 _____ °C

圖B加熱試管底端1分鐘後，B試管下端水溫 _____ °C

結果顯示：A試管上端水溫 _____ B試管下端水溫 _____



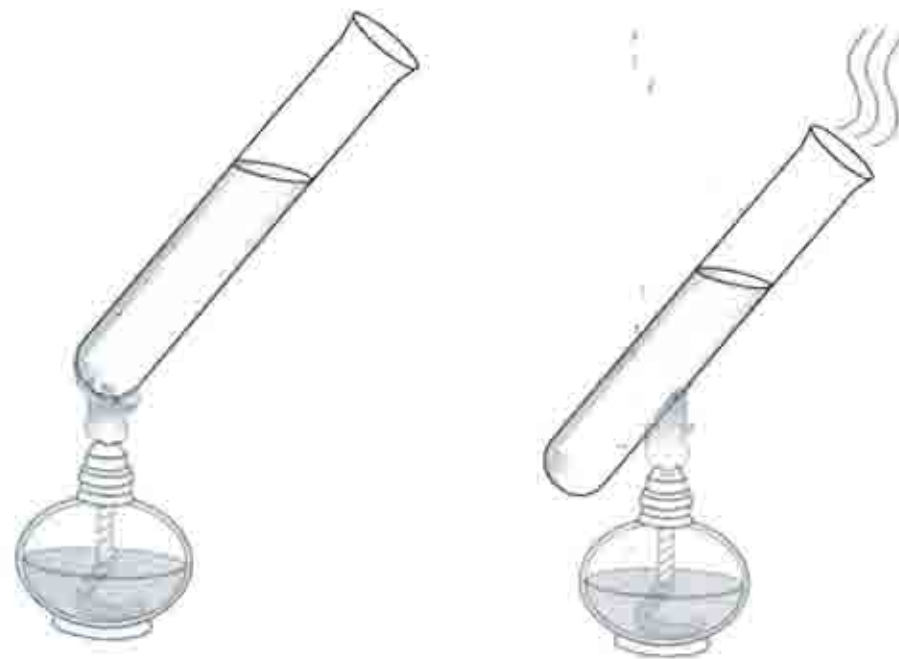
三、實驗六討論：

(一)哪一個試管先觀察到水沸騰的現象？為什麼？

小組討論

老師講解

(二)畫出不同加熱位置所形成的熱對流現象



統整：

- 1、這種在液體或氣體內，經由物質的流動來傳送熱的方式，稱為_____。對流是液體與氣體主要的熱傳播方式。
- 2、在試管底部加熱比較晚看到沸騰現象，但整根試管內的水幾乎同時沸騰。此因下方的水受熱後溫度上升，體積膨脹、密度變小而上浮；上方溫度較低的水，則因密度相對較大而下沉，藉由此相對流動的方式，使得熱可以均勻傳遞到整根試管內。
- 3、在試管上方加熱會比較快看到沸騰的現象，但摸試管底部卻不太能感受到溫度有上升，此因上方受到加熱的水量較少，水溫上升迅速，很快速就達到沸騰，但因為熱水不容易將熱量傳送到底端。所以，即使上方水沸騰時，底部水溫仍變化不大。

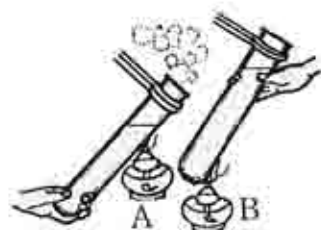
小試身手：

- 1、想一想，為何煮粥容易燒焦，清湯就不會？

- 2、想一想，為何冷氣機會裝設在高處，而電暖器會裝在接近地面？

3、看圖回答下列問題：

- (1)何者先看到沸騰的現象？
- (2)A 中的手最主要是經由水的_____方式傳熱而覺得熱。
- (3)B 中的手最主要是經由水的_____方式傳熱而覺得熱。
- (4)A、B 兩者何者手先覺得熱？此因水的何種傳熱方式較快



- 4、一般燒開水常見的方式是爐火置於壺下，其原因是水主要的傳熱方式是：(A)輻射 (B)對流 (C)傳導 (D)以上皆非。

活動三、熱輻射

前言：熱輻射是熱傳播三種方式之一，是物體用電磁輻射把熱能向外散發的傳熱方式，熱輻射傳遞熱量時不需要介質，例如太陽的熱能經過真空傳播到地球上來。此外，家庭用品如電暖爐、烤箱等所散發出的紅外線，也是熱輻射的一種。接下來我們將透過下面的活動進一步了解熱輻射。

一、觀看老師撥放的影片，回答下列問題：

(一)影片中的活動，其操作變因、控制變因，以及應變變因分別是什麼？

小組討論	老師講解
操作變因：	操作變因：
控制變因：	控制變因：
應變變因：	應變變因：

(二)以文字說明影片中的實驗結果，並解釋為什麼會這樣？

小組討論	老師講解
------	------

二、分別在黑色與白色的馬克杯中加入同質量、同溫度的熱水，以溫度計測量兩馬克杯中的水溫，每3分鐘記錄一次。

(一)溫度記錄

	0分	3分	6分	9分	12分	15分
黑色馬克杯						
白色馬克杯						

(二)依據上述數據，提出實驗結論，並解釋為什麼會這樣？

小組討論	老師講解
------	------

統整：

- 1、太陽的熱經由_____的方式傳向地球，熱的輻射_____（需要/不需要）介質。
- 2、先前光與顏色單元中，我們學到黑色的物質之所以呈現黑色是_____可見光而表現出黑色；白色的物質則是_____可見光（陽光、日光燈的光等）而表現出白色。
- 3、物質顏色越深，其吸收輻射熱的能力越_____，而物質溫度上升的現象越_____。
- 4、物質顏色越深，其釋放輻射熱的能力越_____，而物質溫度下降的現象越_____。

小試身手：

1、儲油槽和油罐車的表面為何要漆成淺色？

答：_____



2、生活中的食品常需要保溫或保冷，如果能隔絕熱量的進出，就可以達到保溫或保冷的目的。如使用真空斷熱保溫瓶。保溫瓶的構造如上圖所示，試問：

- (1)瓶蓋選用接觸面積很小的軟木塞，主要為了減少熱的哪一種傳播方式_____。
- (2)抽成真空的雙層玻璃，可以防止空氣產生熱的_____現象。
- (3)雙層玻璃鍍銀是防止熱的_____現象。
- (4)瓶內裝冰塊，則冰塊是否容易熔化？_____；為什麼？_____。

3、下圖為二個容量相同內裝空氣的玻璃泡，中間以細玻璃管相通，管內置一有色水柱。現在將左邊玻璃泡塗黑，並將整個裝置放在太陽下曝曬，管內有色水柱將如何移動？

(A)向左(B)向右(C)不動。



4、當你到合歡山賞雪，看到有人堆了一個乾淨的雪人及一個髒的雪人（大小、形狀完全相同）。當太陽照射後，雪人開始熔化，若依物理觀點預測雪人熔化速度，則：

(A)乾淨的雪人先熔化 (B)髒的雪人先熔化 (C)一樣快 (D)無法預測。

5、錫箔紙有一面光亮，另一面粗糙，當使用烤箱烘烤一隻雞時，應該如何包裹？理由何在？

- (A)粗糙面應該朝外，因為如此吸收熱輻射較快 (B)粗糙面應該朝外，因為如此有利於熱傳導
- (C)光滑面應該朝外，因為它是熱的良好吸收體 (D)光滑面應該朝外，因為它是熱的良好導體

6、(A)傳導 (B)對流 (C)輻射；試回答下列各題：

- (1)不須憑藉任何物質當媒介，而直接傳播熱量的是_____。
- (2)煙囪可以幫助燃燒的因素是_____。
- (3)夏天衣服多為白色是為了避免吸收哪種熱？_____。
- (4)鍋子的柄多用木柄是為了防止熱的_____。
- (5)陽光下撐傘是為了防止_____。
- (6)金屬的一端加熱，不久另一端也會熱，這種傳熱的方式主要是藉著_____。
- (7)熱在液體、氣體中主要的傳熱方式為_____。
- (8)站在火爐旁邊覺得很暖和，這時所接受到的熱，主要是藉著_____傳播。

5-4 熱對物質的影響

前言：日常生活中我們常會觀察到物質因熱量的進出而發生了變化。如：物體因溫度變化產生了熱脹冷縮的現象；或者因熱量的進出而出現狀態的改變，像是冰塊融化成水、水汽化成水蒸氣、水結冰…等。接下來，我們將透過以下幾個活動更加認識熱對物質的影響。

活動一、生活中的熱點新聞

閱讀以下二則新聞，並用以前所學過的原理來說明新聞事件可能發生的原因……

銀行玻璃門爆裂！

原來是□□□□□□造成



【2015/1/24 自由時報台南報導】

24日位於南市中西區的兆豐銀行台南分行，驚傳提款機室警報，保全人員到場發現提款機室的玻璃門碎裂一地，行方調閱監視器看到當時玻璃先出現一條條裂痕，最後整面玻璃爆裂，幸無傷及人員，警方初步研判應是……

半夜住家窗戶突然碎裂，以為遭槍擊，其實是□□□□□□惹的禍



【2013/8/18 TVBS 新北市報導】

18日凌晨1點多，住在新北市淡水社區13樓的住戶，聽到碰一聲，發現餐廳窗戶四分五裂，以為是有人開槍，急叩警方到場後，才知道是虛驚一場。警方研判，應該是……

Q：新聞事件中，玻璃門或玻璃窗突然爆裂的原因？

活動二、測量冷熱的溫度計

請掃描右下圖 QR Code，觀察自製溫度計放入熱水、冷水中，液面的升降情形，並試著解釋其原因。(可以文字搭配畫圖來說明)

Q1：溫度計放入熱水中，液面的變化？

Why1：液面變化的原因？



郭青鵬老師 youtube
溫度計遇冷熱升降瞬間

Q2：當溫度計放入冷水中，液面的變化？

Why2：液面變化的原因？

活動三、乒乓球遇到熱情的水

請掃描右圖 QR Code，觀察乒乓球遇到熱情的水變化情形。(可以文字搭配畫圖來說明)

Q：請描述乒乓球的哪些特性發生變化？

Why：你覺得會有這些變化的原因？



xfang66tw 的 youtube
乒乓球受熱膨脹 2

活動四、微觀來看物質吸放熱時，分子發生的變化

物質吸放熱時，體積產生了變化，

大部分的物質遇熱體積_____，

遇冷體積_____，

那物質內部的分子到底發生了什麼事，因此造成體積這樣的變化呢？

請掃描右圖的 QR Code，透由影片與互動式模擬，找出分子的變化。

分子吸收熱量後：

分子放出熱量後：



郭青鵬老師 youtube
原子的熱運動



PHET INTERACTIVE
SIMULATIONS

活動五、Homework 回家繼續點燃熱情

請寫出生活中那些現象與活動一到四所學到的原理有相關。(可以文字搭配畫圖來說明)也可以掃描右圖的 QR Code，看看新聞中提到的現象有哪些？

現象 1：

現象 2：

現象 3：

現象 4：

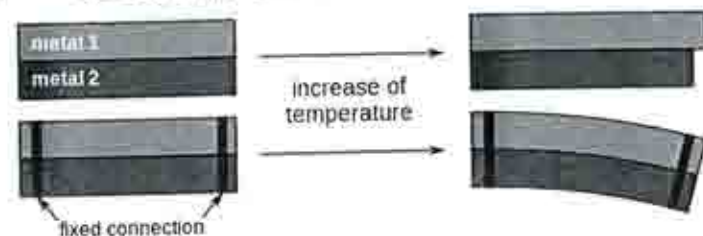


東森新聞 CH51 youtube
長埤軌道溫差大
靠小孔洞因應

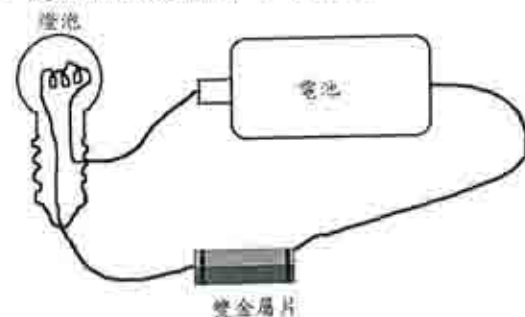
活動六、烤烤

請根據下面提供的二個參考資料，說明「為什麼雙金屬片可以作為自動斷電開關」？

參考資料一、雙金屬片構造圖【引用自維基百科 File:Bi-metallic stripe.svg - Wikipedia】



參考資料二、使燈泡發光的簡易電路圖



註：整個迴路封閉，燈泡才能發光

說明：(提示：如果燈泡要斷電，那麼迴路發生什麼事？)

進階參考資料：

如果你對於雙金屬片進一步應用有興趣，請掃描右圖的 QR Code，閱讀後可以分享想法喔……

我的分享：



科學Online 雙金屬片

活動七、暖身運動

融雪時比下雪冷



【2005/8/12 蘋果日報】

在冰冷的疾風中，澳洲東南部數十年來首次覆蓋在大雪中……，下雪時通常不是氣溫最低的，天氣轉晴開始融雪時候才是最冷……

新聞事件中，融雪時比下雪冷的原因是？

活動八、物質有三態

我們先來複習物質三態的特性，請掃描右圖的 QR Code，並說明你所知道物質三態的特性。(可以文字搭配畫圖來說明)

固態特性：

液態特性：

氣態特性：



PhET INTERACTIVE
SIMULATIONS

活動九、一起來變態

把 100 公克的冰塊加熱到沸騰，每 1 分鐘紀錄溫度，並觀察期間物質的變化現象。

時間(分)	0 (初溫)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
溫度(°C)											
時間(分)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
溫度(°C)											
時間(分)											
溫度(°C)											

把上面的數據，轉換成「溫度-加熱時間關係圖」

實驗觀察後，你有什麼發現呢？(可以文字搭配畫圖來說明)

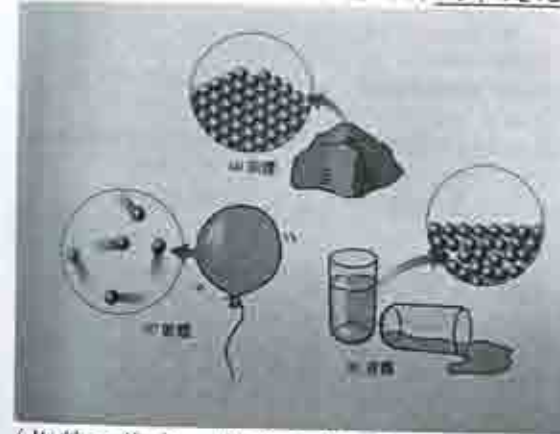
活動十、微觀解釋物質吸放熱產生型態轉變時，分子的變化

請再掃一次活動八的 QR Code，請觀察不同狀態之間轉變的過程，分子發生了什麼事？(可以文字搭配畫圖來說明)

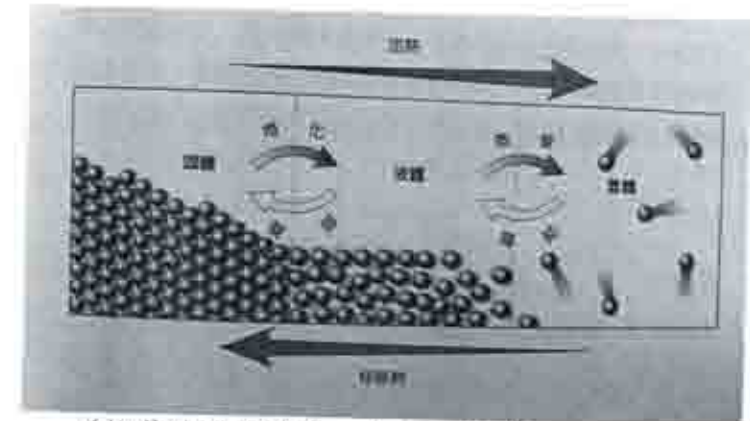
固態熔化成液態：

液態汽化成氣態：

參考資料：【以下圖片引用自天下文化觀念化學 I】



(物質三態中，分子示意圖)



(物質轉變型態時，分子示意圖)

活動十一、熱力大考驗

請掃描右圖 QR Code，觀看均一教育平台熱對物質的影響，複習我們從活動一～活動十一所學的概念，並且完成練習題。(以下有完成，請打勾)

觀看影片，複習觀念	做基礎練習題(至少 6 題)	做一般練習題(至少 5 題)
均一平台熱對物質的影響 <input type="checkbox"/> 我已經完成	均一平台熱對物質的影響(基礎題) <input type="checkbox"/> 我已經完成	均一平台熱對物質的影響(一般題) <input type="checkbox"/> 我已經完成

6-1 力與平衡

活動一、力的效應與力的形式

前言：老師將手指頭接觸臉頰，請問同學，老師有對我的臉頰施力嗎？如果有，你是如何判斷的呢？另外，有沒有不用接觸就可以產生作用的力存在呢？

任務一、請掃描右圖 QR Code 觀賞短片，並完完下列問題：

- 1、力雖然看不見，但是透過觀察可以看見力對物體產生的影響，這種影響稱為_____。
- 2、力的效應可以歸納為兩大類。第一類為使物體發生_____，如形狀或長度改變；第二類為使物體發生_____，如物體由靜止運動起來，運動中加速、減速或改變方向等。



任務二、請掃描右圖 QR Code 觀賞短片，並完完下列問題：

- 1、力的形式包含_____和_____兩種形式，其中需要與物體接觸才會有力的作用，這種力稱為_____；如果不需要與物體接觸就會有力的作用，稱為_____或_____。
- 2、生活中大部分的力的作用都是接觸力，例如_____、_____、_____等等，而常見的超距力有_____、_____、_____等三類。



小試身手：

- 1、(A)用手將鋁罐壓扁；(B)將橡皮筋拉長；(C)蘋果成熟後落地；(D)磁鐵吸引圖釘；(E)摩擦塑膠尺後，可吸引小紙片；(F)往前推動一學步車；(G)人坐在沙發上，使沙發凹陷。
試以代號回答下列問題：
(1)哪些力可使物體發生形變？答：_____。
(2)哪些力可使物體運動狀態改變？答：_____。
- 2、(A)小明將飛盤丟出去；(B)磁針的指針指向北方；(C)拉動教室的桌子；(D)草皮上滾動的球緩停下來；(E)沒拿穩的燒杯向下掉落；(F)摩擦後的墊板使頭髮豎起；(G)木頭在水中浮起來。
(1)上述現象中，哪些是受到接觸力的作用？答：_____。
(2)上述現象中，哪些是受到超距力的作用？答：_____。

活動二、力的圖示與力的單位

前言：物體受到地心引力的吸引會往下掉，物體的重量是受到地心引力的大小，稱為重力。因此，當我們在敘述地心引力這一個力的時候，除了說出它的大小，還會指出它的方向，這樣才是一個完整的力的描述！現在，請問同學，可以如何描述自己所受地心引力之情形呢？

任務一、請掃描右圖 QR Code 觀賞短片，並完完下列問題：

- 1、要完整描述一個力時，必須指明三個要素。

那就是：_____、_____、_____。

(1)力是有大小、有方向的物理量。

(2)通常以有箭頭的線段『→』來代表力。長度：代表力的大小

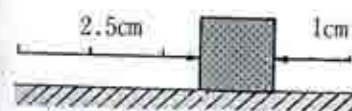
箭頭：代表力的方向

- 2、具有質量的物體在地球附近時，會受到一股指向地心的作用力，稱為物體的重量或所受的重力。而我們常使用_____ (kgw) 或_____ (gw) 作為力的單位。



小試身手：

- 1、一物體在光滑平面上，重量為 30gw，它所受力的力圖如圖所示 (1cm 代表 20gw)，則：此物體受到向左的力為_____ gw，向右的力為_____ gw。



- 2、如果『→』代表向東 10 公克重的力量，則向西 20 公克重的力量應記為_____。
- 3、請同學畫出自己站在地面上時，受力的情形，並在力的圖示旁標示力的名稱、大小與方向

作圖區：

活動三、力的測量

前言：剪刀是日常使用的文具之一，方便又輕巧。但是同學曾經想過你所用的剪刀重量多少嗎？要怎麼知道？如果不用磅秤或電子秤，有辦法得知嗎？

任務一、將彈簧、鐵架、直尺裝置好如右圖。用尺測量彈簧的原長 L_0 ，記錄在下表中。

1. 在彈簧的一端掛上一個砝碼（10 克），測量此時彈簧的長度並記錄下來。

2. 再加掛一個砝碼，重複步驟 2，直到五個砝碼全部掛上，完成下列表格

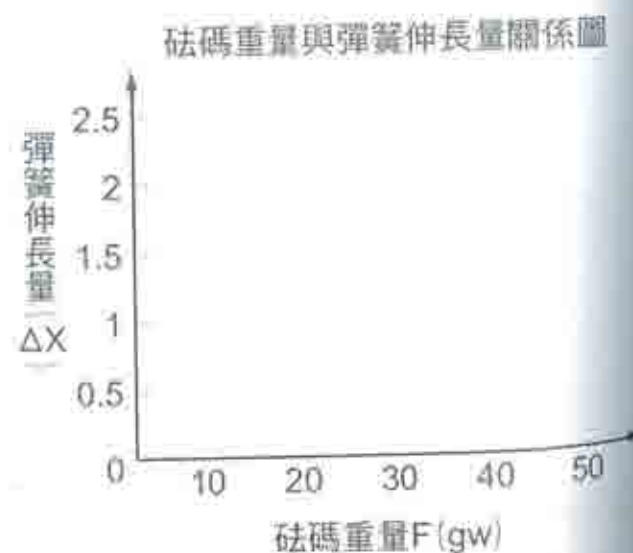
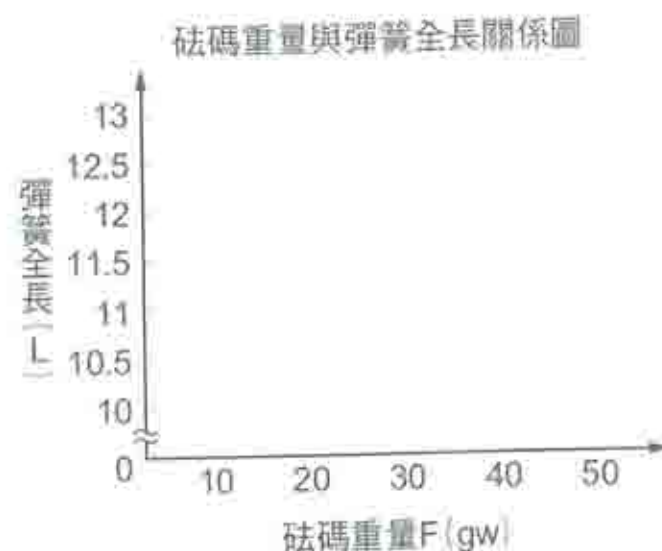
注意：每次增加砝碼時，要將之前的砝碼全部取下，檢查彈簧是否恢復到原先的長度，若是恢復就繼續做實驗，否則就停止。



次數	砝碼重量 $F(\text{gw})$	彈簧全長 L (cm)	彈簧原長 L_0 (cm)	彈簧伸長量 $\Delta X = L - L_0(\text{cm})$	$\frac{F}{\Delta X}$
1	10	10.5	$L_0 = 10$		
2	20	11.0			
3	30	11.5			
4	40	12.0			
5	50	12.5			
6	小剪刀	11.75			小剪刀 _____ gw

3. 將小剪刀掛在彈簧，紀錄彈簧的長度，但不要超過步驟 2 中加掛砝碼時的最大長度，並試著推論出剪刀的重量。

4. 依上表的數據，做砝碼重量和彈簧長度的關係圖。



5. 看看上表中的數據及關係圖，你有發現砝碼重量和彈簧伸長量有甚麼關係嗎？數學關係式為何？

小組討論

老師講解

6. 根據步驟 4 的關係圖，推論步驟 3 中所掛小剪刀之重量是多少？你是怎麼推論的？

小組討論

老師講解

統整：

1. 彈簧受到力的作用後，長度的變化（伸長量）具有規則，只要作用在彈簧上的力，不超過某個限度（我們稱做_____）時，受力越大，彈簧伸長量越_____。

2. 當彈簧受力在彈性限度內時，彈簧的_____和外力成正比關係，這就是有名的「虎克定律」。

EX：在彈性限度內，彈簧的伸長量和外力成正比，10 克重伸長 1 公分，則 40 克重伸長_____公分

3. 彈性限度內，彈簧伸長量和外力成一定比例關係，當外力除去後，彈簧就會恢復到原來的長度，並且可以重複使用，所以彈簧常被用來製成測量力的大小的工具，稱做_____。

EX：已知某彈簧受力 50 克時，伸長 5 公分，且當力消失時，可恢復原狀。

(1) 若此彈簧受力 20 克，應伸長_____公分。(2) 施力_____可使彈簧伸長 3 公分。

小試身手：

1. 在一鉛直懸掛的彈簧下端，懸掛不同重量的物體，測得彈簧的伸長量和物重的關係如下表

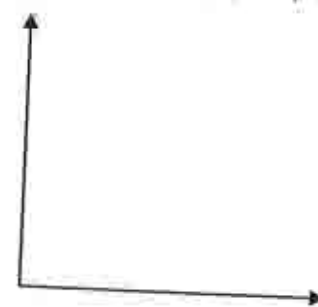
物重 (gw)	10	20	30	40	50	60	70
伸長量 (cm)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.5	7.9	9.8

(1) 繪出彈簧的伸長量和外力的關係圖。

(2) 物重每增加 10 公克重，彈簧伸長_____公分。

(3) 由圖表中預測掛 25 公克重時，彈簧伸長_____公分。

(4) 掛 75 公克重，可否預測彈簧伸長多少公分？_____

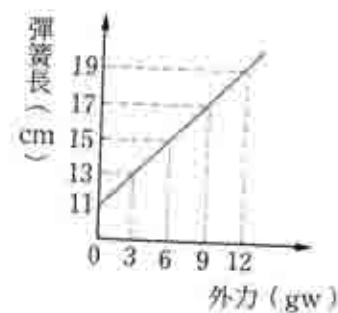


2. 下圖是彈簧受力後，長度與外力的關係圖，試回答下列問題：

(1) 彈簧不受力時，其長度為_____cm。

(2) 彈簧下端掛一物體時，其長度為 17cm，則物體的重量為_____gw。

(3) 彈簧下端掛一物體，其長度為 14cm，則物重為_____gw。



活動四、力的平衡

前言：我們已經學會力的測量與力的圖示，接下來就來看看物體同時受到兩個或兩個以上力的作用時，最後會產生甚麼結果。

任務一、如下圖，靜止的金屬環同時受到 A、B 兩個彈簧秤的拉力作用，兩彈簧秤與金屬環在同一平面上且成一直線。(1)當彈簧秤 A 施力 80gw 時，B 彈簧秤讀數要多少才能使金屬環維持靜止？(2)此時金屬環水平方向的受力情形又該如何表示？



小組討論：

(1) B 彈簧秤讀數為 _____

(2) 力圖：

老師講解：

(1) B 彈簧秤讀數為 _____

(2) 力圖：

統整：

- 當物體同時受到兩個力作用，而該物體的狀態最後仍為靜止時，我們說，作用在物體上的這兩個力達到 _____ 狀態，此時稱為 _____。
- 從畫出的力圖中可發現當兩力達到平衡時，這兩力的大小 _____，方向 _____；若將箭號往回畫，兩個箭號會連成一直線，也就是說，達到平衡的兩個力作用於 _____ 上。

小試身手：

靜止在水平桌面上的書本受到哪些力的作用呢？方向又為何？請畫出此書本放在桌上的力圖，力的名稱也要寫出來哦！



我的想法 力圖

老師講解 力圖

活動五、力的合成

前言：當一個物體受到不只一個力作用時，這些力合起來的作用效果，可以相當於一個力作用產生的效果，此力就稱為這些力的合力。請同學們想想，生活中有哪些例子呢？

任務二、請掃描右圖 QR Code 觀賞短片，並完完下列問題：

1、方向相同的合力(夾角 0 度)：

若同時作用於同一物體的兩力，方向相同，則合力等於兩力 _____，
方向指向它們的共同方向

2、方向相反的合力(夾角 180 度)：

若同時作用於同一物體的兩力，方向相反，則合力等於兩力 _____，
方向沿著力較大的方向

3、其他角度的合力(夾角介於 0~180 度)

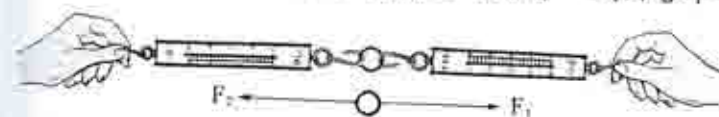
利用平行四邊形法求 _____ (補充)



均一教育平台 youtube
力的合成

小試身手：

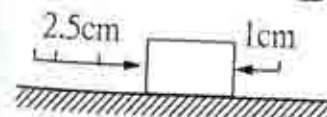
1. 如下圖所示，當鐵環保持靜止不動時，試回答下面各題：



- 若以 F_1 、 F_2 各表右、左兩邊彈簧秤的讀數，則 F_1 與 F_2 的大小關係為 _____。
- 若 F_1 讀數為 50gw，則 F_2 讀數為 _____ gw。
- F_1 、 F_2 兩力的方向關係為 _____。兩力作用在 _____ 上。
- 此鐵環稱為處在 _____ 平衡的狀態。

2. 若二力方向相同時，合力為 7kgw，方向相反時，合力為 1kgw，則此二力各為 _____ kgw 及 _____ kgw。

3. 一物體在光滑平面上，重量為 80 gw，它所受力的力圖如下 (1 cm 代表 20 gw)，則：



- 此物體所受合力大小為多少 gw？(A) 0 (B) 20 (C) 30 (D) 50 gw。答：_____。
- 欲使上圖中的物體平衡，可將：(A) 向右之力改為 50 gw (B) 向左之力改為 50 gw (C) 向右之力改為 30 gw (D) 向右再施力 40 gw。答：_____。

6-2 摩擦力

前言：將兩本書本交疊在一起，兩個人各站一邊拉著書本，試著將書本拉開，容易嗎？為甚麼？

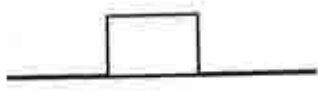


活動一、靜摩擦力與最大靜摩擦力

任務一、將有掛勾的木塊置於桌上，以彈簧緩緩拉動，仔細觀察，直到木塊滑動。
(重力以 W 、桌面支撐力以 N 、彈簧拉力以 F 為符號)



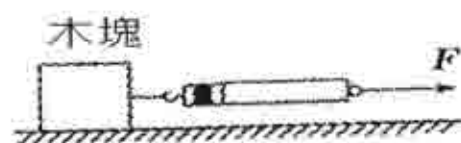
問題 1、剛開始拉木塊而木塊尚未移動時，是什麼原因讓木塊靜止，不是有施力拉它嗎？

木塊之力圖	文字說明(簡述)	受力之數學關係
剛開始拉，木塊尚未移動時 		

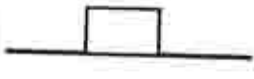
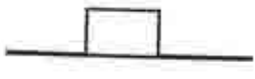
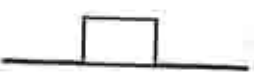

統整：

- 1、當施一個拉力要使木塊滑動時，木塊和桌子之間有一個力量會抵抗木塊的運動，這便是_____。
- 2、_____為存在於兩物體的接觸面，阻止物體運動的力。

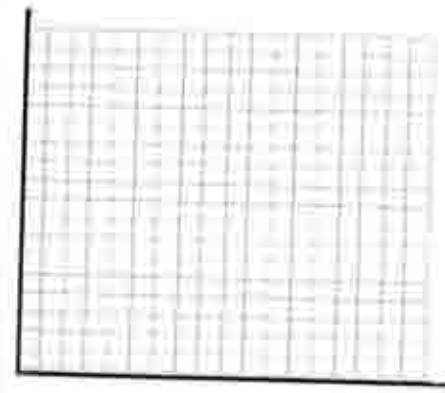
任務二、以有讀數的彈簧秤重複任務一，緩緩拉動木塊，直到木塊移動。並記下木塊滑動前的彈簧秤讀數 3 組(差距大一些)，以及木塊滑動瞬間的讀數。



	1(靜止)	2(靜止)	3(靜止)	4(移動瞬間)
拉力 F				
摩擦力 f				

木塊之力圖 (水平方向)				
文字說明 (簡述)				
F 與 f 間 之數學關係				

任務三、請畫出「物體由靜止到移動瞬間」，外力 F 和摩擦力 f 之間的關係圖。

關係圖	文字描述
<p>摩擦力 $f(gw)$</p>  <p>拉力 $F(gw)$</p>	

問題 3、滑動那一瞬間的讀數對於摩擦力有何意義(或相關)

小組討論	老師講解

統整：

1. 當物體還是靜止時的摩擦力稱為「_____」。
2. 在木塊尚未移動前，施力越大，靜摩擦力越_____，且靜摩擦力大小_____施力大小。
3. 物體在靜止時的靜摩擦力，其大小會隨外力增加而變大，而靜摩擦力的變大並不是無限的，而是有一個最大值，稱為「_____」。
4. 當施力大於最大靜摩擦力的時候，合力不再為零，此時便可以將木塊拉動。

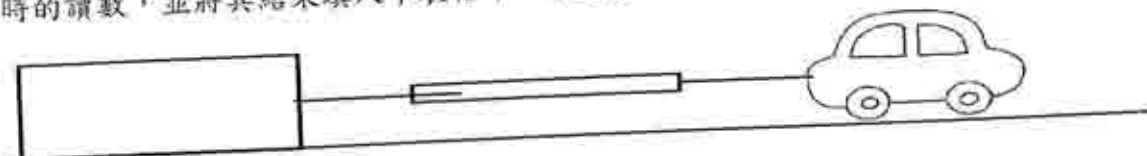
活動二、動摩擦力

前言：同學有玩過推酒杯的遊戲嗎？杯子被推動後，在沒有推力作用下，為何會逐漸停下來？

任務一、推動裝有重物的箱子，將感覺寫出來與大家分享

我的感覺	老師統整

任務二、以桌面為接觸面，以玩具車掛上彈簧秤拉動木塊，觀察木塊拉動瞬間讀數及玩具車在行駛時的讀數，並將其結果填入下表格中。(重複3次取平均值)



問題1、紀錄木塊移動瞬間彈簧讀數以及木塊移動過程彈簧讀數

	第一次	第二次	第三次	平均值
木塊移動瞬間彈簧讀數				
木塊移動過程彈簧讀數				

問題2、木塊運動過程中有摩擦力嗎？其大小和最大靜摩擦力相比如何？

小組討論	老師講解

統整：

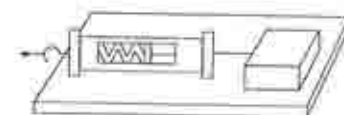
- 1、物體在運動的過程中仍然會受到摩擦力作用，此時的摩擦力稱為_____。
- 2、任務一中，裝有重物的箱子一旦被推動時，感覺手推箱子的力量變_____ (大/小)了。
此外任務二中，「木塊移動過程彈簧讀數」_____「木塊移動瞬間彈簧讀數」。
由此得知動摩擦力的大小比最大靜摩擦力_____。
- 3、同樣的接觸面、同樣的正向作用力下，動摩擦力的大小為一定值。

任務三、請畫出「物體由靜止到移動過程中」，外力 F 和摩擦力 f 之間的關係圖。

關係圖	文字描述
<p>摩擦力 $f(\text{gw})$</p> <p>拉力 $F(\text{gw})$</p>	

小試身手：

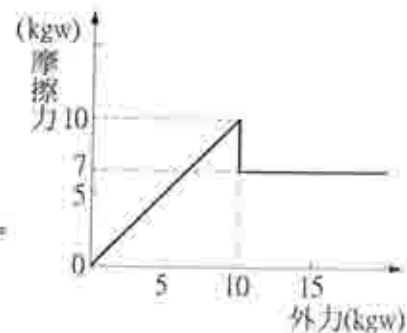
1. 附圖是小華利用彈簧秤求最大靜摩擦力的實驗裝置。木塊重量為200公克重，置放在水平木板上面。試回答下列問題：



- (1) 當一個物體在另一個物體表面上滑動，或有開始滑動之傾向，在接觸面之間，常有一種阻止運動之力，此力稱為：(A) 摩擦力 (B) 向心力 (C) 萬有引力 (D) 大氣壓力。答：_____。
- (2) 若右邊為向東，則有一物體向左前進時與地板的摩擦力方向應為：(A) 向東 (B) 向西 (C) 向南 (D) 向北。答：_____。
- (3) 未施力前木塊呈靜止，此時摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：_____。
- (4) 當彈簧指示20公克重，木塊仍靜止在木板上，此時摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：_____。
- (5) 繼續拉木塊，當木塊開始運動的瞬間，彈簧秤的讀數為120公克重，則其最大靜摩擦力為幾公克重？(A) 0 gw (B) 20 gw (C) 100 gw (D) 120 gw。答：_____。

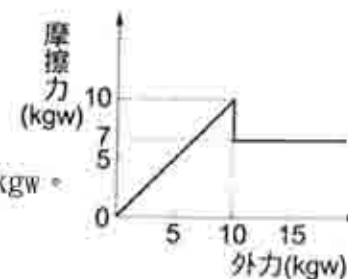
2. 附圖為某物體所受外力與摩擦力之關係圖，試回答下列問題：

- (1) 當外力5 kgw時，物體處於何種狀態？(A) 靜止 (B) 移動。
- (2) 欲將物體推動，至少需施多少外力？答：_____ kgw。
- (3) 若物體已經處於運動狀態，則其所受的摩擦力等於_____ kgw。



3. 附圖為某物體所受外力與摩擦力之關係圖，試回答下列問題：

- (1) 欲將物體推動，至少需施多少外力？答：_____ kgw。
- (2) 若對物體施一15 kgw的外力，則其物體所受的摩擦力等於_____ kgw。



活動三、影響最大靜摩擦力的因素

前言：將兩條毛巾交錯在一起，要多大的力量才能夠將兩條毛巾拉開呢？為什麼會這樣呢？



任務一、以桌面為接觸面，分別拉動「空木塊」及「木塊加砝碼」等，將其結果填入下表格中。（重複3次取平均值）



問題1、紀錄木塊和所加法碼總重量與拉木塊體瞬間之彈簧讀數

木塊加砝碼 總重量	拉動木塊瞬間的彈簧讀數	文字說明(簡述)
空木塊=()gw	(,)gw 平均值=()gw	
木塊+1 個砝碼=()gw	(,)gw 平均值=()gw	
木塊+2 個砝碼=()gw	(,)gw 平均值=()gw	
木塊+3 個砝碼=()gw	(,)gw 平均值=()gw	

問題2、完成下列表格中的空格，填入上述各次操作所得之平均值

	空木塊	木塊+1 個砝碼	木塊+2 個砝碼	木塊+3 個砝碼
物體總重量 W				
最大靜摩擦力 f				

統整：

1、任務一中，觀察發現拉動木塊與拉動木塊加上砝碼的瞬間力量 (相同/不同)；

木塊加砝碼的總重量如果越大則拉動瞬間的力量將 (越大/越小)。

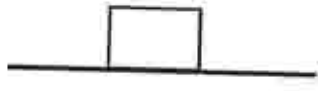
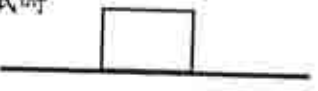
2、木塊與砝碼垂直作用在接觸面上的力，可正向作用力，由上述活動可知，最大靜摩擦力的大小

和「正向作用力」有關，正向作用力越大，最大靜摩擦力越。

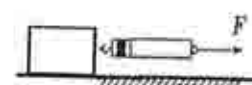
任務二、分別以桌面和砂紙為木塊的接觸面，重複任務2 緩緩拉動木塊直到木塊移動，並記下木塊滑動瞬間的讀數。（重複3次）



	第一次	第二次	第三次	平均值
接觸面為桌面時				
接觸面為砂紙時				

力圖	文字說明(簡述)
接觸面為桌面時 	此活動的操作變因為_____ 結果發現_____
接觸面為砂紙時 	

任務三、轉動木塊，改變木塊的接觸面積，重複任務2，緩緩拉動木塊，直到木塊移動，並記下4 木塊滑動瞬間的讀數(重複3次)，並取平均值，完成下方木塊受力的力圖。

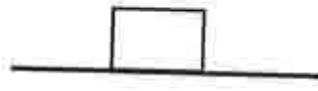



(接觸面積 A)



(接觸面積 B)

	第一次	第二次	第三次	平均值
接觸面積 A 時				
接觸面積 B 時				

力圖	文字說明(簡述)
接觸面積 A 時 	此活動的操作變因為_____ 結果發現_____
接觸面積 B 時 	

統整：

1、影響最大靜摩擦力的因素有：_____和_____

2、接觸面積的大小 (會/不會) 影響最大靜摩擦力。

3、摩擦力觀念統整：請掃描右圖 QR Code 觀賞短片



均一教育平台 youtube
力的效應

小試身手：

1. 前言中，老師將兩條毛巾交錯在一起並從中握住，為何同學們需要很大的力量才能夠將兩條毛巾拉開呢？

2. 摩擦力的應用

- (1) 走在有積水的地面，或是不小心踩到香蕉皮，為什麼會容易摔跤呢？

- (2) 為何鞋底與輪胎的表面，都會有凹陷的紋路？

- (3) 腳踏車的鏈條為何需要添加潤滑油，

3. 大華推不動書櫃，於是他先將書本全部取出，再用小片地毯墊在書櫃底下，結果可輕易推動。這個活動有關摩擦力，下列敘述何者錯誤？ (A) 下壓的力愈大，最大靜摩擦力也愈大 (B) 摩擦力的大小與接觸面的性質有關 (C) 大華剛開始推不動書櫃，是因為當時他的水平推力小於摩擦力 (D) 推力須大於「最大靜摩擦力」才能開始推動

6-3 認識壓力

前言：對我們來說，在沙漠快速行走是一件困難的事情，但是沙漠之舟「駱駝」卻能夠在沙漠中快速行走。我們來看一看他們二者走在沙漠時的差別。你看得出不同處嗎？(觀賞短片)

活動一：從海綿的凹陷情形認識壓力

任務一、裝滿水的保特瓶，分別正立、倒立在海綿上，觀察凹陷程度，比較海綿的凹陷程度有何不同？原因為何？

小組討論	老師講解
------	------

任務二、將二個相同的空保特瓶裝水，一瓶全滿、另一瓶半滿，分別放在相同的海綿上，比較海綿的凹陷程度有何不同？原因為何？

小組討論	老師講解
------	------

任務三、根據上面的探索，影響海綿凹陷程度的因素有哪些？如何做可以增加海綿的凹陷程度？

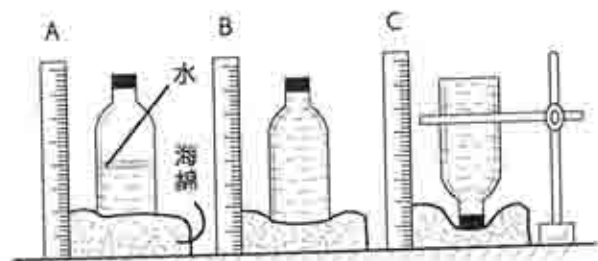
小組討論	老師講解
------	------

任務四、海綿的凹陷程度代表何種意義？

小組討論	老師講解
------	------

任務五、如圖，已知礦泉水底部面積為 30cm^2 、瓶蓋面積為 3cm^2 且裝滿水重 600 公克，裝一半水時重 300 公克，則：

- 1、圖 A 中的海綿每 1cm^2 所受的力為 $\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$ ，單位可記為 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 2、圖 B 中的海綿每 1cm^2 所受的力為 $\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$ ，單位可記為 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 3、圖 C 中的海綿每 1cm^2 所受的力為 $\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}$ ，單位可記為 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 4、圖 A 和圖 B 中影響大小的因素為 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 5、圖 B 和圖 C 中影響壓力大小的因素為 $\frac{\quad}{\quad}$ 。



統整：

- 1、海綿凹陷越深代表接觸到的地方所受到的 $\frac{\quad}{\quad}$ 越大。
- 2、影響海綿凹陷程度的因素有 $\frac{\quad}{\quad}$ 和 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 3、相同大小的作用力，若是作用在較小的面積上，則每單位面積（1 平方公分或 1 平方公尺）所承受的力就比較 $\frac{\quad}{\quad}$ 。我們把單位面積所受的 $\frac{\quad}{\quad}$ 力稱為 $\frac{\quad}{\quad}$ ，壓力大則接觸面所受的力就比較大。

若以 F 表示正向作用力， A 表示面積， P 表示壓力，則 $P = \frac{F}{A}$ 。

p.s 正向力必須垂直於接觸面。

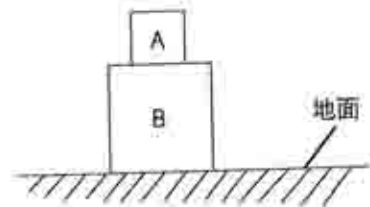
- 4、當力的單位是 gw ，面積的單位是 cm^2 ，則壓力的單位是 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 當力的單位是 kgw ，面積的單位是 m^2 ，則壓力的單位是 $\frac{\quad}{\quad}$ 。

小試身手：

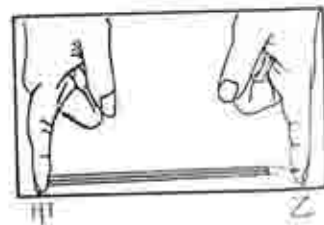
1. 如下圖，A 物為邊長 5cm 重 2kg 的立方體，

B 物為邊長 10cm 重 3kg 的正立方體，則：

- (1) A、B 間之壓力為 $\frac{\quad}{\quad} \text{gw/cm}^2$ 。
- (2) 地面所承受的壓力為 $\frac{\quad}{\quad} \text{gw/cm}^2$ 。



2. 小明同時用兩手的指頭，頂住一端削尖了的鉛筆，如右圖。
當鉛筆靜止不動時，甲端手指所施的力和乙端手指所施的力有何關係？另甲端手指所受的壓力和乙端手指所受的壓力又有何關係呢？原因為何？



活動二、液體中的壓力

【前言】潛水艇是一種可以在水面下作業的艦艇，然而每一種潛艇都有其極限深度，若超過極限深度，可能會發生危險，這是為什麼呢？

任務一、現在請同學將手"穿上"塑膠袋，緩慢地深入裝水的大型水桶中，有何感覺呢？

小組討論

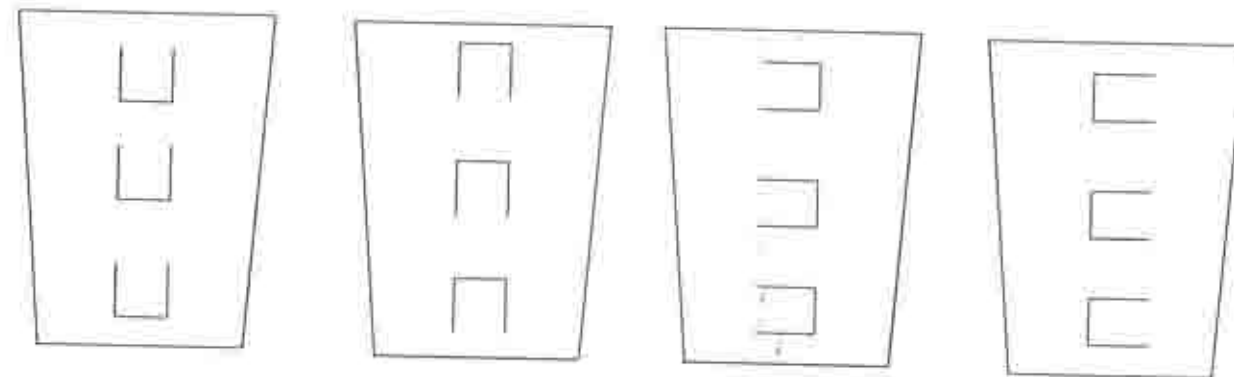
老師講解

任務二、將廣口瓶用氣球的橡皮膜封住開口端。先摸摸這橡皮膜，感覺一下，接著將廣口瓶放入裝水的大型水桶中，再伸手去摸橡皮膜，感覺一下有什麼變化？

小組討論

老師講解

任務三、把廣口瓶分別放在靠近水面、水深一半和水桶底部這三個地方，並且讓瓶口朝上、下、左、右。伸手去摸橡皮膜，在不同的深度以及瓶口朝不同方向，你感覺到橡皮膜凹陷的程度有何不同？把感覺到的情形畫在下圖中。



任務四、橡皮膜在不同深度之凹陷程度不同代表何種意義？

小組討論

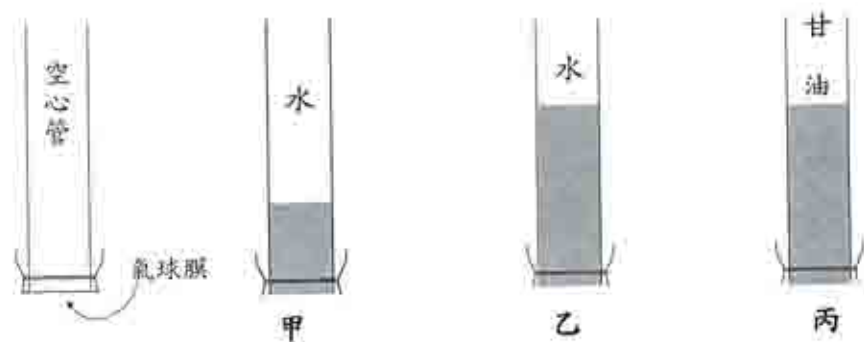
老師講解

統整：

- 1、在水中，橡皮膜凹陷了，這就是 $\frac{\quad}{\quad}$ 的作用，水深的地方，橡皮膜凹得越多，水壓越 $\frac{\quad}{\quad}$ ，接近水面的地方，橡皮膜凹得越少，水壓就越 $\frac{\quad}{\quad}$ 。
- 2、廣口瓶在水中時，不管橡皮膜朝向任何方向都會凹陷，可見水壓是來自 $\frac{\quad}{\quad}$ 的。
- 4、物體所受水的壓力和物體在水中的 $\frac{\quad}{\quad}$ 有關，愈深的地方，水壓愈 $\frac{\quad}{\quad}$ 。在液體中同一點，水所造成的向下壓力、向上壓力或側向壓力等，大小皆相同。

活動三、液體中壓力大小探討

任務一、在空心管一端包上一層氣球膜，在空心管中注入不同高度的水(密度 1g/cm^3)和甘油(密度 1.26g/cm^3)後，觀察氣球膜的變化，把氣球膜凹凸的情形畫下來。

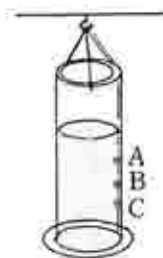
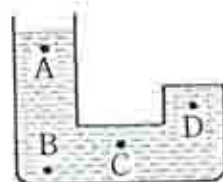
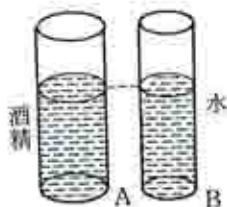


小組討論	老師講解
1、凹陷情形：_____ > _____ > _____	1、凹陷情形：_____ > _____ > _____
2、理由：_____	2、理由：_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

統整：從上面探討，我們可以知道液體所造成的壓力是跟「液體的_____」與「物體所在液面下的_____」有關。

小試身手：

1. 兩水桶 A、B，底面積 $A > B$ ，兩桶分別裝等深的酒精與水，如圖，則容器底部的壓力何者較大？
(A) A (B) B (C) 相等 (D) 無法判定。



2. 上圖的容器內盛水，試將 A、B、C、D 四點依水壓力由大而小排列之，下列何者正確？
(A) $A > B > C > D$ (B) $B > C > D > A$ (C) $A = B = C = D$ (D) $B > A = C = D$ 。

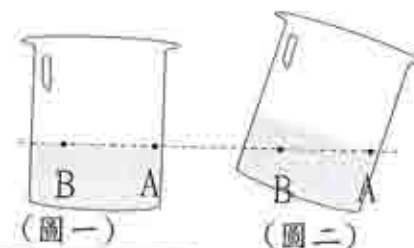
3. 一透明容器內裝七分滿的水，在旁邊由上而下鑽同樣大的小孔 A、B、C，如圖，觀察水由小孔噴出的情形，試問：

- (1) A、B、C 中，_____ 孔噴出的水最遠；_____ 孔噴出的水最近。
(2) A、B、C 三點水壓力由大而小依次為_____。
(3) 水會噴出是受到_____ (上、下、側) 壓力的作用，壓力方向和器壁_____。

活動四、連通管原理與其應用

【前言】小宇站在學校的生態池旁，觀看裡面的小魚，小宇發現除了小魚游動偶爾引起的水花或漣漪之外，大部分的時間，水面都是呈現水平的狀態，為什麼接觸空氣的水面一定是水平面呢？你能不能利用前面所學過的壓力與液體壓力的觀念，來幫小宇思考一下水面一定呈現水平的原因呢？

任務一、將裝水的燒杯傾斜，如果水面可以維持圖二的狀態，則 A、B 兩點的水壓有何差別？



小組討論	老師講解
_____	_____

任務二、如果圖二的水可以流動，水會如何流動？最後水面狀態會如何？

小組討論	老師講解
_____	_____

任務三、請掃描右圖 QR Code 觀賞短片，並完完下列問題：

統整：

只要是底部相通的容器，只要從任一端注入液體，當液面靜止時，液面必定在同一水平面上，與容器的形狀、大小無關，這個現象稱為_____原理。底部相通的容器稱為_____。



吉娃斯科學小教室
youtube 連通管原理

小試身手：

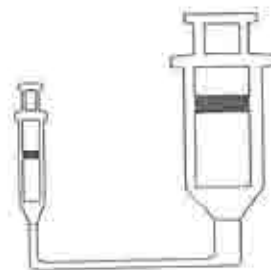
1. 家裡常用的熱水器，為何從外面的透明水柱就可以知道瓶內水位高低呢？(試著畫出熱水器內部的結構圖來解釋)

小組討論	老師講解
_____	_____

活動五、帕斯卡原理與其應用

【前言】為什麼影片中的技師只要輕踩千斤頂，就可以抬起一千多公斤的汽車呢？是什麼神秘結構讓技師的力量放大了呢？

任務一、將二支管徑大小不同的注射筒以透明水管連接，並在管內注滿水，如圖。輕壓兩支注射筒，感覺有什麼不同？



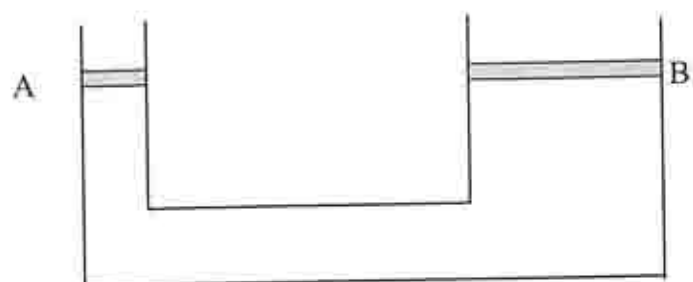
小組討論

老師講解

【科學小知識】上述現象可由法國科學家帕斯卡於西元 1652 年所發現的現象解釋。帕斯卡發現，在密閉容器內的液體，某處受到壓力時，此壓力會以相同大小傳到容器和液體的其他部分。這個現象稱為帕斯卡原理。現在請同學依據此原理回答下列問題：

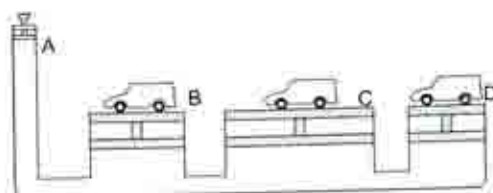
任務三、已知左邊活塞 A 面積為 10cm^2 、右邊活塞 B 為 100cm^2 ，裡面裝滿水，則：（活塞重不考慮）

- 1、當左邊向下施力時，右邊的活塞會_____（靜止、向下、向上）。
- 2、如果左邊向下施力 10 公斤重，則活塞 A 對水施壓_____ kgw/cm^2 ，而藉由液體傳到右邊對活塞 B 的壓力為_____ kgw/cm^2 。
- 3、承(2)，此時這樣的壓力傳到活塞 B，對活塞總作用力為_____ kgw 。
- 4、承(2)，若不想活塞 B 向上移動，則須在對活塞 B 施向_____的力_____ kgw 。
- 5、若對活塞 A 施向下 10 kgw 的力，則到了活塞 B 會放大為_____ kgw 向_____的力。
- 6、對活塞 A 施力時，在活塞 B 會放大成_____倍的力。



小試身手：

1. 裝置如附圖，當施力向下給活塞 A 時，哪一個活塞可以撐起最重的車子？
(A) 活塞 B (B) 活塞 C (C) 活塞 D (D) 一樣重。



活動六、大氣壓力的存在與測量

【前言】有一天，老師在竹山買了一包餅乾，在開往清境農場的山路上，發現餅乾包裝愈來愈脹大。老師一邊開車，一邊擔心餅乾會爆開。你有這樣的經驗過嗎？幫老師想一想，為什麼會這樣呢？



任務一、吹一顆氣球(不要太大)綁好放入真空保鮮罐中密閉起來，接著慢慢地把罐中的空氣抽出來，仔細觀察、紀錄氣球的變化並解釋原因。

小組討論

老師講解

任務二、此時試著拉起真空罐的瓶蓋，容易拉起來嗎？為什麼？（注意，別用蠻力）

小組討論

老師講解

任務三、按下瓶蓋上的按鈕，觀察氣球變化並解釋變化原因。

小組討論

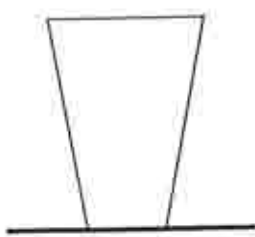
老師講解

任務四、此時試著拉起真空罐的瓶蓋，容易拉起來嗎？為什麼？

小組討論

老師講解

任務五、將塑膠杯裝滿水，用壓克力板蓋住杯口，壓住壓克力板後把杯子倒立並輕壓一下塑膠杯，接著將壓住壓克力板的手放開後，觀察壓克力板是否掉落？為什麼？

我的預測 <input type="checkbox"/> 會掉落 <input type="checkbox"/> 不會掉落	我的觀察結果 <input type="checkbox"/> 會掉落 <input type="checkbox"/> 不會掉落
我的解釋 	老師講解

任務六、假如有一個可以自由伸縮的杯子，當以 1033.6 公分的水柱重複這個實驗室時，玻璃片剛好掉下來，則此時大氣給玻璃片的向上壓力為 gw/cm^2 。(不考慮玻璃片的重量)

小組討論	老師講解
------	------

任務七、【科學小知識】科學史上，測量大氣壓力的實驗：

一、馬德堡半球實驗

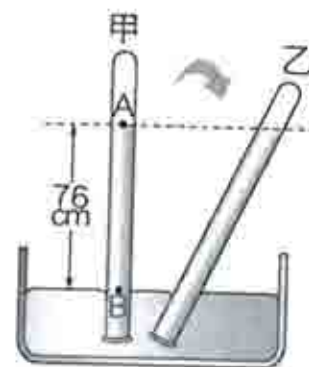
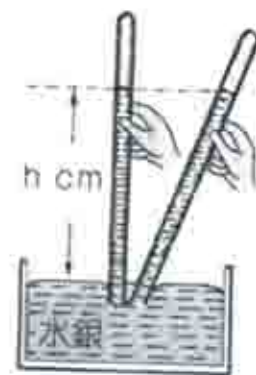
德國馬德堡市市長格里克是位熱衷科學研究的人，他在西元 1654 年時將直徑約 36 公分的兩個銅製金屬半球合起來，再將裡面的空氣抽出。接著在左右半球上的扣環各拴上一匹馬，結果這兩匹馬如何使勁拉也拉不開半球，最後增加到兩邊各八匹馬，總共派上 16 匹馬才將半球拉開。這便是著名的馬德堡半球實驗。這個實驗說明了大氣壓力真的很大。



二、托里切利實驗

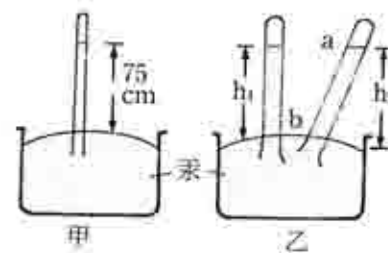
十七世紀，義大利科學家托里切利設計了一個實驗來測量大氣壓力的大小，他用一根長度約 1 公尺、一端封閉的中空玻璃管，裡面灌滿水銀後倒插在水銀槽中，結果玻璃管內的水銀柱逐漸下降，到某一個高度後就停止不再繼續下降，即使將玻璃管傾斜，水銀柱的垂直高度也沒有改變，這個高度的水銀柱所產的壓力跟管外的空氣壓力（所謂的大氣壓力）是一樣大的。當大氣壓力改變時，水銀柱的垂直高度也會隨著改變。

我們把能支撐垂直高度為 76 公分的水銀柱的大氣壓力叫做一標準大氣壓力，記做 cm-Hg ，或是 mm-Hg ，相當於。在氣象上使用的氣壓單位叫做百帕 (hPa)，1 大氣壓約等於 1013 百帕。



小試身手：

- 如圖，某人做托里切利實驗，用細玻璃管得甲圖之情形，則：
 - 此時大氣壓力之大小為 cm-Hg ，或是 mm-Hg 或是 gw/cm^2 。
 - 若這個人改用粗一倍的玻璃管做此實驗得乙圖，則 h_1 之長度為 cm 。
(填：76、75、38 或 37.5)
 - ab 之長度 cm ，且 h_2 cm 。(均填：大於、小於或等於)



- 下列何者壓力最大？ (A) 2 大氣壓 (B) 76 公分水銀柱高 (C) 100 公克重/平方公分 (D) 10 公尺水柱
- 在月球上作托里切利實驗，則玻璃管內水銀柱高度為何？ (A) 0 cm (B) 76 cm (C) 1033.6 cm (D) 1292 cm

6-4 浮力

活動一：認識浮力

前言：同學們有沒有在游泳池裡覺得自己變輕的經驗呢？你覺得為什麼為這樣呢？

任務一、將空保特瓶放在裝滿八分滿水的臉盆或較大的容器，試著將保特瓶壓入水中。請問在壓入的過程中有何感覺？在水中放手又會有何現象？

小隊討論	老師講解

任務二、將保特瓶填入小石子後，分別在空氣中與水中往上提個大約 20 公分的距離，感覺有何不同？為什麼？

小隊討論	老師講解

任務三、將任務二中的保特瓶掛上彈簧秤，分別測量在空氣中的重量($W_{\text{空}}$)，以及在水中的重量($W_{\text{水}}$)，並將數據紀錄下來，完成下表。

	在空氣中的重量 $W_{\text{空}}$	沒入水中的重量 $W_{\text{水}}$	減輕的重量()
裝小石子的保特瓶			

任務四、請分別畫出任務三中的保特瓶在空氣中的力圖，以及在水中的力圖，並以文字簡單說明

保特瓶在空氣中的力圖	保特瓶沒入水中的力圖

統整：

1、保特瓶放入水中，水會給保特瓶一個方向向_____的力，因此我們會感覺保特瓶變輕了，這個力叫做_____，用英文字母_____代表之。

2、物體在水中所減輕的重量就是物體所受到的_____，因此，物體在水中的浮力為"物體在_____中的重量"減掉"物體在_____中的重量"

亦即：_____

任務五、將一個空的保特瓶掛上彈簧秤，分別測量在空氣中的重量($W_{\text{空}}$)，以及在水中的重量($W_{\text{水}}$)，並將數據紀錄下來，完成下表。

	在空氣中的重量 $W_{\text{空}}$	放入水中後的重量 $W_{\text{水}}$	減輕的重量(浮力 B)
空保特瓶			

任務六、請分別畫出任務五中空大保特瓶在空氣中以及在水中的力圖，並以文字簡單說明

大保特瓶在空氣中的力圖	大保特瓶沒入水中的力圖

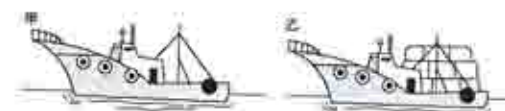
統整：

因為空的保特瓶在水面呈現靜止狀態(浮體)，因此我們說此時空保特瓶受到的兩個力量，分別是_____以及_____，達成力平衡。也就是浮體所受到的浮力會等於本身的重量。

亦即：_____

小試身手：

- 淡水漁人碼頭停了一艘漁船，漁船之所以不會沉入水中的原因為何？
(A)漁船的材質之密度小於海水 (B)漁船在海水中所受的浮力大於漁船的重量 (C)漁船在海水中所受的浮力等於漁船的重量 (D)漁船在海水中所受的浮力小於漁船的重量
- 同一乒乓球浮於下列哪一液體中時，所受的浮力最大？為什麼？
(A)海水 (B)純水 (C)沙拉油 (D)都相同
- 下圖為相同的兩艘船，甲為空船，乙載滿貨物，則所受浮力何者較大？(先畫出力圖)
(A)甲船(B)乙船(C)一樣大 (D)無法比較。
- 大、中、小三顆同材質的實心木球，浮於水面上，何者所受的浮力最大？
(A)大球 (B)中球 (C)小球 (D)以上均相同



- 有一物體在空氣中的重量是 100gw，在水中的重量是 80gw，試問：
(1)該物在水中的重量減輕_____gw。
(2)該物在水中所受的浮力為_____gw，方向為向_____。

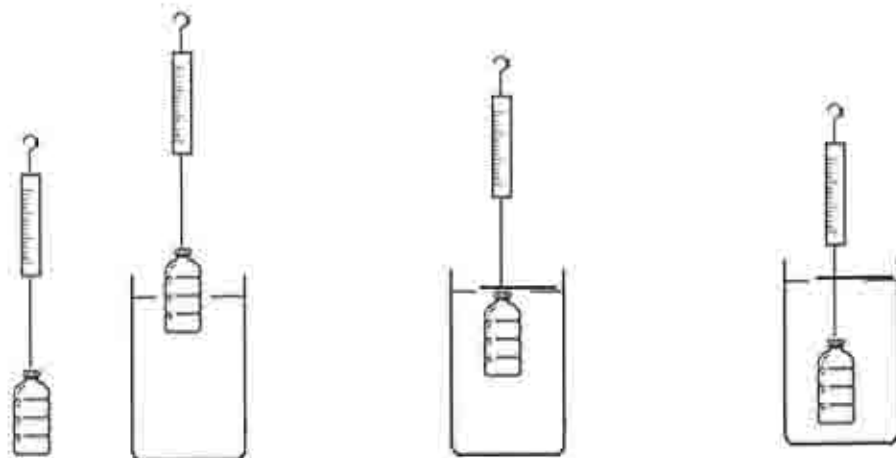
活動二：阿基米德原理

前言：將浮在水面上之空的大保特瓶緩慢壓入水中，直到觸底。將整個過程之感受或發現與同學分享，並想想是何原因？

我的想法	小組討論
------	------

任務一、依序完成下列步驟

- 1、先測量裝滿小石子之保特瓶在空氣中的重量 W ；取兩個桶子分別裝八分滿水和飽和食鹽水。
- 2、用彈簧秤吊著保特瓶放入水桶中，分別測量保特瓶沒入一半體積（畫線處）、整個保特瓶恰沒入水中、整個保特瓶沒入更深的水中等，彈簧秤的讀數（保特瓶不要觸底）。將結果紀錄在下表。
- 3、接著改成放入裝有保和食鹽水的桶中，重複上述步驟。



放入桶中	空氣中重量 W	瓶身沒入一半 W_1	瓶身沒入一半之 B_1	瓶身恰全沒入 W_2	瓶身恰全沒入之 B_2	瓶身沒入更深 W_3	瓶身沒入更深之 B_3
水							
飽和食鹽水							

任務二、根據任務一與任務二的觀察與紀錄，請大家討論影響浮力大小的因素有哪些？

小組討論	老師講解
------	------

任務三、承任務一，已知保特瓶得總體積為 _____ cm^3 ，即半個保特瓶瓶身體積為 _____ cm^3 ，且水的密度為 $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，飽和食鹽水的密度約為 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。試回答下列問題：

	保特瓶一半沒入水中	保特瓶完全沒入水中	保特瓶一半沒入食鹽水中	保特瓶完全沒入食鹽水中
排開液體的體積				
排開液體的重量				
保特瓶所受浮力				

任務四、依照任務三表格中的資料，請同學們討論，並提出幾點具體結論。

小組討論	老師講解
------	------

統整：

「物體在液體中所受到的浮力」等於「物體在液體中減輕的重量，也」會等於

「物體排開的液體的重量」，此關係稱為 _____，又稱為 _____。

而物體排開液體的重量等於「物體排開液體的 _____ 乘以液體的 _____」。

亦即

$$B = \Delta W = W_{\text{空}} - W_{\text{液}}$$

$$= W_{\text{排開液體}} = V_{\text{排開的液體}} \times D_{\text{液體}}$$

小試身手：

- 1、小明不小心將 50 元硬幣掉入水槽中，他取來一包鹽巴倒入水中，一段時間後發現水槽底部有一部分未溶解的鹽巴，但硬幣卻沒有浮上水面。根據上述的情境回答下列問題：

- (1) 小明想利用浮力原理取回 50 元硬幣，根據他所嘗試的動作，可能與下列何者有關？
 - (A) 倒入鹽巴以增加水槽內的總重，使硬幣的浮力增加後浮起
 - (B) 倒入鹽巴以增加水槽內的壓力，藉由壓力差使硬幣浮起
 - (C) 因鹽巴不溶於水，故倒入鹽巴將水排出後即可取得硬幣
 - (D) 倒入鹽巴使水槽內的液體密度大於硬幣的密度，則硬幣所受的浮力會增加，使硬幣浮起
- (2) 小明最後還是沒有使 50 元硬幣浮起，其可能的原因為何？
 - (A) 需加入更多的鹽巴才能成功
 - (B) 因為水槽中的水溶液達到飽和，因此需加入更多的水
 - (C) 因為達到鹽巴對水的溶解度上限，因此水溶液的密度不再變化
 - (D) 加入鹽巴的過程中，硬幣所受到的浮力都沒有變化

2. 附圖(甲)、(乙)、(丙)、(丁)為阿亮以彈簧秤測量的結果，試回答下列問題：



- () (1) 當物體沒入水中一半時，受到水的浮力為多少 gw? (A) 20 (B) 0 (C) 80 (D) 100
 () (2) 物體的密度為多少 g/cm^3 ? (A) 2 (B) 2.5 (C) 5 (D) 1.25
 () (3) 物體若全部沒入鹽水中時，受到的浮力為多少 gw? (A) 100 (B) 60 (C) 50 (D) 0
 () (4) 試求鹽水密度為多少 g/cm^3 ? (A) 1 (B) 1.2 (C) 1.5 (D) 1.25

3. 大、中、小三顆同材質的實心鐵球，沉入水面下，何者所受的浮力最大？

- (A) 大球 (B) 中球 (C) 小球 (D) 以上均相同

4. 兩艘完全相同的甲、乙兩潛艇，若甲載有 20 個軍人，乙載有 50 個軍人，同時潛入海中，兩者所受的浮力大小為何？

- (A) 甲較大 (B) 乙較大 (C) 一樣大 (D) 無法比較

5. 有一 54 公克的鋁塊，密度為 2.7 公克 / 立方公分，將它放入密度為 1.2 公克 / 立方公分的溶液中，鋁塊所受浮力為多少公克重？

- (A) 6 (B) 12 (C) 24 (D) 36

6. 黃色小鸭來臺展出，造成風靡熱潮，已知黃色小鸭的質量為 600 公斤，若海水密度以 1 g/cm^3 來計算，則小鸭沉入水中的體積約為何？



- (A) 0.06 m^3 (B) 0.6 m^3 (C) 6 m^3 (D) 60 m^3

7. 有甲、乙和丙三個不溶於水的固體，其質量和體積如附表。將三者投入水中，哪一個所受的浮力最小？

固 體	甲	乙	丙
質量 (g)	20	20	20
體積 (cm^3)	40	20	10

- (A) 甲 (B) 乙 (C) 丙 (D) 三者所受的浮力皆相等