物理教育學刊
2018, 第十九卷第二期, 11-20

Chinese Physics Education
2018, 19(2), 11-20

10.6212/CPE.201812_19(2).0002

熱、熱能、內能：自然科學領綱相關概念之學習脈絡與學習困難之探討

蕭儒棠

國家教育研究院　測驗及評量研究中心
jthsiao@mail.naer.edu.tw

（投稿日期：民國 107 年 11 月 09 日，接受日期：107 年 12 月 23 日）

摘要：熱、熱能與內能是熱物理學中重要的概念，不只學生不易區辨，在科學的發展過程中，這些概念也曾令科學家們感到困擾。本研究由《十二年國民基本教育自然科學領域課綱》中溫度與熱相關的學習內容出發，首先分析概念學習的結構，以了解小學至高中，不同階段對應的概念學習次序與課程發展的精神。接著研究者再比較生活用語與科學術語，說明相關概念學習的困難，一方面可能是學習時未釐清概念之間的差異，一方面則可能來自生活用語與科學術語的混淆。建議口語說明或文字撰寫時，適時以能量或內能代替熱能一詞，降低概念混淆的可能性，避免初學者可能的學習困難。

關鍵詞：溫度、熱、內能、生活用語、科學術語

壹、 前言

溫度與熱是每個人生活經驗中熟悉的現象，也是常用的生活用語，從日常的飲食起居，到四季的氣候變化，許多情境都和溫度與熱有關。此外，開始於十八世紀的工業革命，以及近年來的頻繁出現的極端氣候，溫度與熱不只影響人類生活，甚至關係到全球生物的存續。然而，究竟什麼是熱？如何為溫度下一個適合的定義？對許多人而言，可能是一件看似容易，實則困難的事。

科學教育的研究者以及各教育階段的教師對溫度與熱的研究與討論數十年如一日（Erickson, 1980; Harrison & Treagust, 1996; Linn & Songer, 1991; Niaz, 2000; Trip, 1976），一方面因為溫度與熱是生活常見的詞彙與現象，另一方面也因為溫度與熱是後續學習與理解自然科學不可或缺的重要基礎。研究顯示多數人對溫度與熱的理解並不完全正確，而傳統的學校教育在教導正確概念的成效並不顯著，甚至連主修物理學或工程學的學生都可能和普通高中生一樣存在錯誤的概念（Harrison et al., 1999; Yager, 1991; 2000）。

形成這些錯誤的可能成因很多，在《十二年國民基本教育自然科學領域課綱》（國家教育研究院，2018）（以下簡稱《領綱》）正式實施之際，本文首先整理《領綱》中溫度與熱相關的學習內容，分析《領綱》中設定的概念發展，了解小學至高中學習的次序與課程發展的精神；接著本文分析三本常用的大學普通物理教科書，釐清熱、熱能與內能等詞彙作為科學術語的正確意義，接著，研究者再比較生活用語與科學術語，藉此說明無論教材編寫的用字遣詞，或是教師課堂教學運用科學術語，正確使用科學術語並不容忽視。

貳、 領綱中溫度與熱的相關條目

溫度與熱是物理學的重要概念，也是生活中常見的現象。《領綱》參考專家建議與教師教學經驗，將重要的科學概念由淺至深、由具體觀察至抽象理解依序條列於《領綱》的學習內容中。相關學習內容與對應之學習內容說明，由小學 3~4 年級（第二學習階段）至高中 10~12 年級必修（第五學習階段），依序整理如表 1 至表 4。

小學 3~4 年級《領綱》的學習內容（如表 1）說明學生應學習到溫度的測量，透過太陽、燃燒和摩擦等方法可以改變溫度，以及溫度會改變物質的形態。這裡所謂的「型態」，依據學習內容說明，指的是水、糖、巧克力等物質溶化、結塊或結冰等型態的改變，都是具體可觀察的特徵。根據學習內容說明，小學 3~4 年級階段並未針對溫度作嚴格的定義，只以具體現象（太陽、燃燒和摩擦）描述溫度如何測量、如何改變溫度，以及溫度改變會如何（物質的形態）。在小學 3~4 年級的學習內容說明中，要求透過操作、實驗、觀察、活動等方式學習，例如，透過觀察物質糖、巧克力、蠟塊、水等受熱變化的情形，認識「物質的形態會因溫度的不同而改變」。其目的在強調結合情境與生活經驗學習，讓學生知道自然科學不只是教科書的內容，而是真實生活的一部分。

表 1：《領綱》中第二學習階段溫度與熱相關概念之學習內容及其說明

學習階段	學習內容		學習內容說明
國小 3~4 年級	INa-Ⅱ-4	物質的形態會因溫度的不同而改變。	4-1 可藉由操作及觀察不同物質，例如：糖、巧克力、蠟塊、水等，在受熱及冷卻的條件下，物質形態上的變化。 4-2 可實驗觀察水在不同溫度時的形態變化，並了解生活中的實例。
	INa-Ⅱ-5	太陽照射、物質燃燒和摩擦等可以使溫度升高，運用測量的方法可知溫度高低。	5-1 可透過各種具有能量形式轉換的活動，例如：摩擦生熱、手搖發電機等，體會能的形態可以轉換。 5-2 可透過活動或資料收集研讀，認識能的形態可以轉換，但總量不變，例如：陽光溫暖地表、火力發電廠燃燒煤和石油產生熱能轉換成電能，發電機或電動機中電能和動能相互轉換。

註：羅馬數字 II 代表國小 3~4 年級必修

進入小學 5~6 年級後，原本中年級學習內容提到的「溫度改變物質的型態」，則進一步將具體的、可由五官直接感受的「型態」，擴展為抽象的、須有工具輔助測量的「性質」，

例如，導電性、導熱性、酸鹼度等。此外，中年級並未提及熱，只有溫度及溫度的改變，進入高年級後，除了現象的觀察體驗，也開始引入抽象的熱的概念，以及熱傳播的方式。關於熱這個概念，《領綱》只是蜻蜓點水地提到「熱由高溫處往低溫處傳播」，暗示熱的存在、熱的傳播需要有溫差，未明確定義何謂熱。學習內容說明多次要求教學能透過活動、觀察、實驗、探究等方式「歸納出分類的原則與結果」，並進一步「了解」自然現象的性質、成因，或原理。

表 2：《領綱》中第三學習階段溫度與熱相關概念之學習內容及其說明

學習階段	學習內容	學習內容說明
國小 5~6 年級	INa-Ⅲ-2 物質各有不同性質，有些性質會隨溫度而改變。	2-1 可對不同物質分析其各種屬性，依據結果，自訂分類標準並將物質分類，並歸納出分類的原則與結果。 2-2 可結合熱的傳導實驗觀察奶油的熔融化、水的三態變化等現象。 2-3 可透過教學或活動，了解生活中常見物品的熱漲脹冷縮，例如：橋梁、鐵軌、酒精、溫度計等。 2-4 可透過教學或活動了解物質溶於水的程度會因溫度不同而改變。 2-5 物質性質可以導電性、導熱性、酸鹼度、溶解性質、可燃不可燃等為例。性質隨溫度改變可以脹縮、溶解等為例。
	INa-Ⅲ-4 空氣由各種不同氣體所組成，空氣具有熱脹冷縮的性質。氣體無一定的形狀與體積。	4-1 大氣中主要組成氣體為氮、氧、二氧化碳、水蒸氣等。 4-2 透過操作氣球或針筒，了解氣體無一定的形狀與體積。 4-3 可透過觀察影片，例如：乒乓球、氣球、車胎、密閉空氣上的水柱等或實驗不同溫度下，例如：氣球、針筒等體積的改變，了解氣體具有熱脹冷縮的性質。
	INa-Ⅲ-8 熱由高溫處往低溫處傳播，傳播的方式有傳導、對流和輻射，生活中運用不同的方法保溫與散熱。	8-1 可透過實驗了解熱的傳遞方向是由高溫傳向低溫。例如：觀察鋁箔紙上的蠟塊、鍋子上的奶油，受熱後的融化情形等；或由生活經驗中觀察熱的傳導方向；例如：熱湯的熱傳向鐵湯匙、再傳向手；手的熱傳向冰塊，使冰塊融化。 8-2 可透過探究活動了解熱會有傳導、對流和輻射三種不同的傳播方式。 8-3 可透過探究活動了解不同物質的熱傳導效果不同。 8-4 可藉由實驗觀察水或空氣的對流現象。例如：熱空氣上升、冷空氣下降；或熱水上升、冷水下降的對流方式。 8-5 可透過探究活動，了解熱可以不須介質就能以輻射的方式傳播。不同顏色或材質的物質具有不同吸熱效果。

	8-6 可透過探究活動，了解生活中常見的保溫與散熱原理。

註：羅馬數字 III 代表國小 5~6 年級必修

進入國中階段後，《領綱》學習內容（表 3）仍未明確寫出「熱」的定義，僅列出「熱具有從高溫處傳到低溫處的趨勢」，但學習內容說明中定義了「熱是兩物體或系統因溫度不同而傳遞的能量」。此外，國中階段學習內容也引入比熱的概念，說明「不同物質受熱後，其溫度的變化可能不同」，藉以區分溫度、熱是兩種不同的概念。

國小階段的學習以現象的觀察為主，不特別強調現象背後的科學解釋，而國中階段則開始經由實驗觀察現象並開始量化紀錄、了解不同物理量之間的量化關係，並透過量化關係認識物質的特性，最後再運用此特性，選擇適當材料製作溫度計。此外，國中階段的學習內容不斷出現「利用實驗」或「透過實驗」的用語，強調動手實作的重要性。

表 3：《領綱》中第四學習階段溫度與熱相關概念之學習內容及其說明

學習階段	學習內容	學習內容說明
國中 7~9 年級	Bb-Ⅳ-1 熱具有從高溫處傳到低溫處的趨勢。	1-1 溫度可以量化物體的冷熱表現。 1-2 介紹常用的溫標，例如：攝氏、華氏等溫標，但不應將重點放在溫度之換算。 1-3 介紹熱是兩物體或系統因溫度不同而傳遞的能量。
	Bb-Ⅳ-2 透過水升高溫度所吸收的熱能定義熱量單位。	2-1 可以水加熱等燃燒實驗引入，介紹熱量常用單位。 2-2 利用水加熱實驗討論熱量變化和水的質量、水溫變化的關係。
	Bb-Ⅳ-3 不同物質受熱後，其溫度的變化可能不同，比熱就是此特性的定量化描述。	3-1 透過比熱實驗，讓學生能觀察對相同質量的不同物質加熱，各物質的溫度變化情形，以了解比熱對物質溫度變化的影響，不涉及複雜計算。
	Bb-Ⅳ-4 熱的傳播方式包含傳導、對流與輻射。	4-1 透過熱的傳播實驗，觀察熱的三種傳播方式。
	Bb-Ⅳ-5 熱會改變物質形態，例如：狀態產生變化、體積發生脹縮。	5-1 以對物質加熱為例，可參考化學之【物質的形態、性質及分類】次主題之 2-1 以水的三態變化為例，描述溫度會影響物質的狀態。 5-2 可透過製作簡易溫度計實驗，觀察水與玻璃熱脹冷縮的現象。

註：羅馬數字 IV 代表國中 7~9 年級必修

高中必修學習內容說明中，開始出現簡介、介紹、說明等字眼，這說明了高中階段學生需要開始學習運用微觀解釋與抽象分析的方法，例如「絕對溫度越高代表物體中原子的平均動能越大」以及「物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能」。此外，高中階段介紹的功與能的轉換實驗是科學界真正放棄熱質說的關鍵實驗，在科學史上具有重要地位。

表 4：《領綱》中第五學習階段溫度與熱相關概念之學習內容及其說明

學習階段	學習內容	學習內容說明
高中 10~12 年級必修	PBb-Ⅴc-1 克氏溫標的意義及理想氣體的內能的簡單說明。	1-1 簡介理想氣體的熱能。 1-2 介紹克氏溫標（絕對溫標）。說明絕對溫度越高代表物體中原子的平均動能越大。
	PBb-Ⅴc-2 實驗顯示：把功轉換成熱很容易，卻無法把熱完全轉換為功。	2-1 介紹功與熱的轉換：實驗顯示，透過作功可以輕易地把能量轉換成熱，卻無法把熱完全用來作功。 ●可說明木塊整體運動之動能為作功能力較好的有序能量，木塊和地面摩擦產生的熱能為作功能力較差的無序能量。
	PBb-Ⅴc-3 物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能。	3-1 說明物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能。
	PBb-Ⅴc-4 由於物體溫度的不同所造成的能量傳遞稱為熱。	

註：羅馬數字 Vc 代表高中 10~12 年級必修

參、 科學術語與生活用語的釐清

一、科學術語的釐清

溫度所描述的系統冷熱程度是巨觀尺度的現象，它表現出隱藏在微觀尺度中粒子的擾動或無序運動狀態，它與這些粒子的動能、位能有關。而這種反應粒子系統狀態的的能量稱為該系統的內能。以分子運動觀點看，溫度是物體內部分子平均動能的大小，是眾多微觀分子運動在巨觀尺度的表現。溫度描述單一系統的狀態，而熱則是描述系統之間相互作用的物理量，必須強調，熱指的是系統間能量的傳遞，描述的是一個過程。兩個系統之間的溫差決定了系統間是否會出現能量的傳遞，強調的是因為溫度差而產生的「傳遞」（Tripp, 1976; Van Roon, 1994; Waite, 1985）。我們可以讓一個物體更熱，但不能說某個物體含有某個量的「熱」。我們不僅不能也無法測量某個物體裡面含有的「熱」，因為「熱」必須在傳遞的過程才有意義（Blundell & Blundell, 2009）。在力學中，手施力推動一個物體，我們知道手施力對物體做功，但功既不屬於手也不屬於物體。類似的概念也用於熱物理學中，熱是一種因為系統與環境間溫度的不同，而跨越系統與環境邊界的能量的傳遞，既不屬於系統，也不屬於環境。

然而究竟是「熱」或「熱能」？「熱」與「熱能」又有何不同？而這些術語在物理教科書上的定義為何？由於撰寫本文時依據《課綱》編寫的教科書尚未正式出版，研究者參閱三本常用的大學普通物理教科書，將關於溫度與熱相關科學術語的定義整理如表 5（Halliday, Resnick, & Walker, 2014; Serway & Vuille, 2017; Young, Ford, & Freedman, 2015）：

表 5：大學用書對熱、熱能、內能與熱量的定義

術語	Halliday	Serway	Young
熱	熱是系統與環境間因溫差而傳遞的能量	一種因系統與環境間的溫差而造成能量轉移的機制，也是在此機制中移轉能量的量值。	由於溫度差異而產生的能量傳遞稱為熱流或熱傳遞，而以這種方式傳遞的能量被稱為熱。
熱能	熱力學是物理學和工程學的重要領域之一，它研究和應用系統的熱能（通常稱為內能）。	未使用	未使用
內能	熱能是一種內能，由與物體內原子、分子和其他微觀物體的隨機運動的動能和位能組成。	在與系統相對靜止的參考系中看到的原子與分子的能量。其中包含組成系統的原子或分子隨機的平移、轉動、振盪動能與位能。	系統的內能定義為其所有組成粒子的動能之和，加上這些粒子之間相互作用的所有位能之和。

註：原文中使用的術語及中英對照：溫度（temperature）、熱（heat）、熱能（thermal energy）、內能（internal energy）。

關於內能的定義，不同作者的敘述僅文字略有差異，而學生學習內能時並無嚴重的誤解，僅需注意內能中所指的位能，並不包含系統與其環境之間相互作用產生的位能，例如，一杯靜置桌面的熱水受到重力作用而具有重力位能，這杯熱水所含的內能並不包含重力位能。熱能二字在口語中經常使用，然而參閱三部常用的大學普通物理教科書，在熱力學單元中，僅 Halliday 使用熱能一詞，Serway 以及 Young 兩位作者的教科書並未使用。Halliday 的書中定義熱能是一種內能，由與物體內原子、分子和其他微觀物體的隨機運動的動能和位能組成。

通用的大學普通物理用書中，少有作者使用熱能一詞，其中 Halliday 雖然直接使用熱能一詞，但隨即說明書中所謂的熱能即一般熟知的內能。因此，我們可以說，一般使用的「熱能」，其實指的是「內能」，其中隱含有平均熱能越高則溫度越高的涵義（Rex & Wolfson, 2010; Rex, 2013）。在物理學中，熱這個術語是指由於溫度差而從一個物體或系統傳遞到另一個物體或系統的能量，而不是指特定系統中包含能量的多寡，因此，「熱」與「熱能」是兩個完全不同的概念。

綜合看來，大學普通物理用書明確定義了「熱」是因溫差而產生的能量傳遞，並非單一系統的性質或特徵，而是一種系統間的過程或機制；「內能」定義雖然用語各有不同，但指的都是構成的原子分子的動能及位能之總和，是描述單一系統的性質或特徵的物理量；「熱能」僅一位作者使用，但由作者對熱能的定義，這裡的熱能指的就是「內能」。

二、共同詞彙的混淆

生活用語中的「熱」與「熱能」並不等同物理學中的定義，例如，口語習慣說「這個物體比較熱」，這裡「熱」指的是系統所擁有的內在的能量，它的意義接近於內能；而討論「熱」的概念時，必須同時考慮系統與環境，是兩者間能量的傳遞。熱不是一種狀態，而是一種過

程或機制，例如，健康的人將手放在發燒患者的額頭時覺得熱，這裡「熱」符合物理學中對熱的定義。

現代熱學與熱力學建立之前，學者們普遍認為熱是一種可流動的物質，當時稱之為熱質（caloric），而由此建構的理論則稱為熱質說（caloric theory）。當時認為物體內部熱質分佈不均勻時，熱質多的部分溫度較高，熱質少的部分溫度較低；當熱質進入物體時，該物體溫度升高，若熱質離開某物體，則物體溫度降低。然而經過多年的持續研究，熱質說被科學界證實是錯誤的，新的理論也被科學社群所接受，但一般民眾對溫度與熱的認知仍以生活經驗為基礎，熱、熱能等生活用語，背後仍隱含熱質說的概念。

物理學家使用熱這個科學術語時，很清楚定義了熱是系統間能量的轉移，然而除了從事科學研究的專家，對幾乎所有的人而言，熱等同於熱能，指的是某個物體的狀態，未考慮其中對「轉移」的概念（Quinn, 2014）。根據《教育部國語辭典簡編本》（以下簡稱《簡編本》）中的解釋來看生活用語的定義，其中，溫度是「冷熱的程度」與科學術語的定義一致，而熱則定義為「溫度高，與冷相對」。若依據《教育部重編國語辭典修訂本》（以下簡稱《修訂本》）中的定義，溫度是「冷熱程度的定量表示法。通常以水結冰與沸騰時的溫度為基準，由溫度計及溫標定之，也稱為熱度。」而熱則定義為「物體溫度升高所釋出的一種能。」

由兩本辭典看來，《簡編本》與《修訂本》對溫度的定義與科學術語一致，唯《修訂本》於定義後又補充「也稱為熱度」，這裡使用的「熱度」並非科學術語，其來源或許是「冷熱程度」的簡稱，如此在意義上並無不可，但就字面上混用了溫度與熱，對學習者可能造成困擾。在熱的定義方面，《簡編本》與《修訂本》的敘述與科學術語有極大的差距。《簡編本》指熱為「溫度高，與冷相對」，明顯混淆了科學中對溫度與熱的定義。而《修訂本》定義熱為「物體溫度升高所釋出的一種能」，則是誤認為溫度升高將釋放能（量），混淆了兩者間的因果關係。由此可看出，生活用語不僅不區分溫度與熱二個用語，其中對「熱」的定義也不同於科學術語。

溫度、熱、熱能是日常生活與科學情境共用的詞彙，雖然生活用語即科學術語有學習上好處（學生不需接觸某個陌生詞彙），但也有壞處（將未嚴格定義的生活用語用於須經嚴格定義的科學情境中）。研究指出 14~16 歲學生解釋火焰加熱水的實驗時，學生回答問題時或許都使用了溫度或熱等科學術語，但對科學術語的定義卻仍一知半解或甚至是錯誤的（Arnold & Millar, 1994）。研究也指出，熱、熱能、溫度等常見的生活用語，在使用上不只與科學術語截然不同，使用的時機、對象、目的也不甚精確。這些詞彙在使用時不只相互混用、前後不一，嚴重的甚至可能與嚴格的科學意義相左（Millar, 2014）。例如，「熱水的溫度高是因為熱水含有比較多的熱」，以及「熱水和冷水因為溫差而產生的能量傳遞」，但只有後者是科學上熱的嚴格定義，而前者的用法較接近早期的熱質說。造成上述誤解或錯誤的原因，可能來自生活用語的與科學術語使用上的差異，也可能是這些詞彙生活中已習以為常，自認為已經足夠了解。因此，釐清相關詞彙作為科學術語時應有的定義，有助於教學中相關迷思概念的導正。

肆、 結語

《領綱》中關於熱、熱能與內能的概念分布於不同學習階段，小學中年級先介紹溫度的現象，高年級開始引進熱的現象；國中階段開始抽象概念的學習，除了引入熱的概念（未正式定義），也透過水升高溫度所吸收的熱能定義熱量單位；高中必修的部分則開始學習科學現象的微觀詮釋，正式定義了熱、熱能以及內能。值得一提的是，國中階段《領綱》在學習內容說明中補充定義了「熱是兩物體或系統因溫度不同而傳遞的能量」，而高中階段則正式在《領綱》學習內容中寫下了熱的定義：「由於物體溫度的不同所造成的能量傳遞稱為熱」，強調熱是一種「能量傳遞」。國中階段學習內容說明中「傳遞的能量」可能會讓初學者忽略了「熱」是一種過程，教學時須特別留心。

熱與熱能二個術語各有其定義，為避免互相混用可能造成的學習負擔，可考慮使用熱、內能二個即可，其缺點可能是初學者對內能一詞可能較陌生，但相對於「熱」及「熱能」中的熱字可能帶來的困惑，陌生的科學術語少了生活用語的干擾，有助於減少可能出現的迷思概念。例如，《領綱》在國小中年級階段的學習內容說明「陽光溫暖地表、火力發電廠燃燒煤和石油產生熱能轉換成電能」中提到「熱能」一詞，以及在國中階段，學習內容「透過水升高溫度所吸收的熱能定義熱量單位」中的熱能，都可考慮以能量一詞取代。

此外，《領綱》在高中必修階段中條列了「物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能」，而這裡熱能的定義即 Halliday 的書中對 thermal energy 的定義，然而，英文中熱能（thermal energy）以及熱（heat）是二個完全不同的詞，以 thermal energy 代替 internal energy 並沒有太大問題，但中文的「熱能」與「熱」都有熱這個字，其結果不只是混用，更可能讓初學者混淆甚至誤解了「熱」、「熱能」。因此，若能將「物體內的原子不斷在運動並交互作用，此交互作用能量與原子的動能合稱為熱能」中的「熱能」調整為「內能」，不僅符合使用習慣，也能避免學習上的混淆。

參考文獻

1. 國家教育研究院（2018）。*十二年國民基本教育自然科學領域課綱*。新北市：國家教育研究院。檢索自網站：https://www.naer.edu.tw/files/16-1000-15486.php?Lang=zh-tw
2. Arnold, M., & Millar, R. (1994). Children's and lay adults' views about thermal equilibrium. *International Journal of Science Education*, 16(4), 405-419.
3. Blundell, S. J., & Blundell, K. M. (2009). *Concepts in thermal physics*. OUP Oxford.
4. Erickson, G. L. (1980). Children’ s viewpoints of heat: A second look, *Science Education*, 64, 323-336.
5. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). *Fundamentals of Physics Extended*. John Wiley & Sons.
6. Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
7. Harrison, A.G., Grayson, D.J., & Treagust, D.F. (1999). Investigating a grade 11 student’ s evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55-87.
8. Linn, M. C., & Songer, N. B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands?. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 885-918.

9. Millar, R. (2014). Towards a research-informed teaching sequence for energy. *In Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (pp. 187-206). Springer, Cham.
10. Niaz, M. (2000). A framework to understand students' differentiation between heat energy and temperature and its educational implications. *Interchange*, 31(1), 1-20.
11. Quinn, H. R. (2014). A physicist’ s musings on teaching about energy. In *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (pp. 15-36). Springer, Cham.
12. Rex, A. F., & Wolfson, R. (2010). *Essential College Physics*. Pearson Education.
13. Rex, A. F. (2013). *Commonly Asked Questions in Physics*. CRC Press.
14. Serway, R. A., & Vuille, C. (2017). *College Physics*. Cengage Learning.
15. Tripp, T. B. (1976). The definition of heat. *Journal of Chemical Education*, 53(12), 782.
16. Van Roon, P. H., Van Sprang, H. F., & Verdonk, A. H. (1994). ‘Work’ and ‘heat’: On a road towards thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 16(2), 131-144.
17. Waite, B. A. (1985). A gas kinetic explanation of simple thermodynamic processes. *Journal of Chemical Education*, 62(3), 224.
18. Yager, R. E. (1991). The constructivist learning model. *The Science Teacher*, 58, 52-57.
19. Yager, R. E. (2000). The constructivist learning model. *The Science Teacher*, 67(1), 44.
20. Young, H. D., Ford, A. L., & Freedman, R. A. (2015). *Sears and Zemansky's University Physics: With Modern Physics*.

Heat, Thermal Energy, and Internal Energy: The Concepts Learning and the Definition of the Scientific Terminologies of The 12-Year Curriculum for Basic Education in Science

Ju-Tang Hsiao
Research Center for Testing and Assessment, National Academy for Educational Research
jthsiao@mail.naer.edu.tw

Abstract

Temperature and heat are two important concepts in thermal physics. Not only are students difficult to distinguish, but in the history of science, these concepts have also made various forms of misunderstandings for scientists. This study reviewed and analyzed two concepts, temperature and heat, introduced in the 12-year Curriculum for Basic Education in Science. Then, the clarifying of the scientific terminologies, temperature and heat, was also made. The researcher also compared everyday language and scientific terminologies to illustrate the importance of the correct understanding of the scientific terminologies.

Key words: temperature, heat, internal energy, everyday language, scientific terminologies