EJ51-1994-77

國小學童對熱與溫度概念的認知

陳文典
國立臺灣師範大學物理系
劉德生
台灣省板橋國民小學教師研習會

（投稿日期：83年6月8日，接受日期：83年8月19日）

摘要：對於現象的熟悉，未必表示對此現象的了解。熱現象是自身及生活上切身的經驗，在探討學童對於熱與溫度概念的認知情況時，我們發現許多學童心中所想的分子模型、溫度、熱量、以及溫度與熱量之間的關係等之認識，和科學上的概念常有所不同。學童使用同一概念(例如說溫度)，在遭遇的情境不同時，其內涵的意義常會更換而不自覺，對有些概念間（例如溫度與熱量）的關係的認識也很混淆，面對不同情境也不自覺地採用不同的定義，而不以爲矛盾。這種概念上缺乏明確的涵義，和概念之間在推論上缺乏協調一致的結果，可能源自於習慣上以經驗和直覺來處理事務，並未作科學性思考的緣故。教學工作，在於提供使這些變因、概念同時出現的情境，提出天然概念上可能因爲不週延、不明確而造成的矛盾的關鍵性問語，來促進學童對已持有的概念作一番檢視、修訂，以建構出適用範圍大，且協調一致的概念體系，即健全的科學知識。

關鍵詞：溫度，熱。

一、緒論

研究動機與目的

熱的現象，在日常生活中由於親身的體驗，其經驗是非常豐富的。因此，在學習有關熱物理的時候，每一個學童都已成長出相當程度的天然概念（naive concept），這些概念有許多是由經驗累積而自悟的一些「想當然耳」想法，有些則是雜散的由同學、長輩或報紙雜誌接受來的訊息。這些天然概念自然有它的適

用功能，對於持有它的學童來說，是合理的。而事實上，它也不一定是荒謬的，或者，至少可以用來解釋某些局部範圍內的現象。例如有的學童把熱和溫度視爲同一個概念，以日常生活中常見到加熱溫度上昇的情形來說，應是一個合理的想法。可是，當遭遇到對不等量的物質加熱時，會發現到雖然我們加了等量的熱，可是因爲質量不同，溫度上昇卻可以不一樣，這時候，溫度與熱在概念上的分化才產生。不過，人們除非很仔細地注意到這些事，否則，是很少會把「對不等量物質加熱」此一事件拿來和「對等量物質加熱」的事件做比較的，也因此發現不出不妥當的地方。

因此，常發現許多天然概念，雖然在解釋某類事件時尚爲可用，可是常有不周延或相互矛盾的情形發生，而當事人卻不自覺。其實，這種現象也不僅在個人自悟的概念上發生，即使是經過嚴謹的科學觀察和模型建構後的理論也是經常發生的；例如熱的流質模型和分子振動模型、光的粒子模型和波動模型，不同模型的詮釋所引起的思辨和理論間的優劣相持不下，在物理學概念發展上，也都發生過此相同的情形。

一般學習論者(Shayer, 1981)，有的採取以學童智力發展的成熟度之角度，如皮亞傑論者(Piagetian)將概念的領悟程度分成感覺期、前具體操作期、後具體操作期、形式操作期來分析。而建構論者則另由學生現在知識爲考慮接納新概念的基礎，來探討如何導致概念轉化、更新、增進的學習活動。實際上這些理論之間並非彼此互斥，只是前者以概念認知的「成果」來論斷，後者以概念學習的「過程」來分析，看事情的向度不同而已，對整個事情的了解具有互補的作用。

有關學童「熱」概念發展的研究，Erickson(1979)曾在英國對200 個小學學生，以68個題目群測方式獲得許多學童對熱與溫度的天然概念資料，企圖依皮亞傑論者的向度去看熱傳、熱效應、熱模型、溫標等概念的發展。發現關於溫標、熱模型方面的概念認知，可以運用皮亞傑論者的認知能力分期的方式來理解，不過尚有許多部份如物相改變、熱效應等的認知，則無法如此分階論斷。或許這表示認知過程在心理上有多重途徑，或文化背景因素的重大介入等可能性。

爲了觀察學童概念發展的脈絡，本研究在低年級階段僅作「學童對熱現象的觀察」和「描述冷熱現象的語彙」方面的能力之測試。對於溫度與溫度測量的認識、溫度與熱之間關係的瞭解、對熱傳播的見解、一直到較爲抽象的「熱」模型

之構思等，我們決定採取由三年級到六年級的樣本，希望能由不同年齡層的概念認知程度來發現概念發展的情況。

不過，去探討皮亞傑概念認知階段論並非我們的主題。就以如何增進學習成效的目的來看，了解學童內心可能具有的天然概念，採取建構論者的角度，應用在課程設計與教學活動上，自然更有其實用的意義。

科學的概念，當然要以能圓滿解釋各種現象爲其立論的依憑。因此，若能得知學童心中所可能持有的想法，設計相關的實驗及教學活動，使原有的概念得以彰顯得更爲健全，或呈現其不週延的一面而加以導正，以產生學習的效果，是此項研究的主旨。除此，我們經由這些研究結果得知學童思考的一般習慣，這些了解都有助於教材的選編及教學策略的引用之參考。

文獻探討

關於學童對熱現象方面的認知，因爲熱現象與日常生活息息相關，很自然的滋生一些天然概念(naive concept)來詮釋它。Tiberghien(1980) 在他對法國12～13歲的學童研究報告中指出：有的學童認爲「溫度是物質的性質之一」。例如要學童選擇用什麼材料做的容器來裝冰塊比較合適？結果竟然有大半的兒童選擇「金屬容器」，因爲以日常生活的經驗，鐵比塑膠觸摸起來好像總是比較「冷」。

關於「熱」的模型想像，則更分歧。Albert(1978)發現有近半的學童認爲「熱是一種物質」。也有把「熱」與「物質」關連起來的，例如「煤燃燒有火，火爲熱源，故煤是熱的物質」。Tiberghien(1980)舉出有的學童認爲「熱像煙、蒸氣等東西」、「熱來自輻射源，像煙一樣充滿了空間」。

Erickson(1979)在研究加拿大12歲的學童時發現，許多學童把熱當成一種「流質」，說「金屬棒一端受熱，產生的熱裝不下了，流到冷的一端」，有些學童把「冷」和「熱」看成是不同的「物質」，例如說「冷離開了冰，進入了水，熱由水進入冰中」。有些學童把冷熱與物質的量聯想起來，因爲他們發現「大塊的冰熔得比較慢」。

Dow et al (1978)及 Appleton (1984) 發現，即使把粒子動力論在12～15歲階段引入來介紹熱能，並沒有改進學生對「熱」模型的想像，仍然有很多的學童以「流質」來看待「熱」，但是在談到粒子動力論時，卻也能侃侃地以粒子動

能來談溫度與熱能。在不同的場合採用他認爲「適用」的概念，即使這些概念不週延或彼此間互相扞格，很多學童卻不覺得有什麼不妥。

本研究在熱現象這方面的探討，和許多其他的研究報告的結果有許多相類似的情形，大致上來說，不管是在什麼社會文化背景下，學童對於熱現象，依賴其感官經驗所建立的天然概念，都具有相同的特色。

二、研究的方法、設計與實施

本研究之重點不在於對學童「學習成就」之評量，而在探討對於同一現象，學童所可能產生的天然概念及其發生的頻度。因此，在設定樣本、題目及施測方面，作如下的安排：

樣本

我們將有關熱現象之觀察所涉及的概念，分成四大項目，分開測試，每位受測學童只測試其中的一大項。其中第一大項以國小一、二年級爲樣本，測「描述冷熱現象語彙的運用能力」及「學童對物體冷熱不同所呈現的現象之觀察」兩個小項。採取現場實物操作，教師把問題用口述的方式問學童，學童也以口述的方式回答，再由教師登錄，以避免文字傳達上的障礙。

其餘三個大項則以紙筆群測的方式，但先由監測教師導讀題目，再行作答。在台北市十所國民小學三、四、五、六年級中，各級抽取三班學生測試。樣本及測試項目列於下表中，測試題目見附錄一。

研究方法與研究工具

本研究先將有關「熱現象」的概念作一解析，再依某一「概念」設計出涉及此概念的情境，由解決此情境的問題中，去獲得學童對此概念的認知情形。以圖或對話的方式將題意闡明，施測時並要求朗讀題目，以求儘量消除文字表達上的阻礙。

施測工具的發展過程如下：

(1)「熱現象」概念的分析。(陳文典1992, Colugh 1985)

(2)依據分析的單一概念或單純以「某兩個概念間的關係」來設計試題，並在台北縣板橋市大觀國小及中山國小做小規模測試，其目的在提昇題意的

表一　熱現象認知實況之測試項目與樣本

項目	樣本
一、冷熱與溫度 ・描述冷熱現象語彙的運用能力 ・學童對物體冷熱不同所呈現的現象之觀察	一年級(35人) 二年級(34人)
二、溫度的度量與對溫標的認識 ・會運用物質受冷熱影響的變化，來研判溫度。 ・知道溫度計是衡量冷熱的工具，不只一種。 ・能了解溫度計製作的原理。 ・了解溫度的涵義。	三年級(110人) 四年級(164人) 五年級(121人) 六年級(117人)
三、溫度與熱量概念的相關關係之認識 ・瞭解「熱能」具加成性，溫度則否。 ・知道「熱能」由高溫往低溫處傳。 ・瞭解溫度與熱的關係。	三年級(80人) 四年級(45人) 五年級(86人) 六年級(38人)
四、「熱」的模型想像 ・提出對「熱」的想法。「熱」到底是什麼？ ・依「熱」的模型，說明熱脹冷縮的現象。 ・依「熱」的模型，說明溫度上昇，物體的重量會不會改變？ ・依「熱」的模型，說明熱是怎麼傳播的。	三年級(76人) 四年級(93人) 五年級(122人) 六年級(121人)

（台北市十所國民小學一～六個年級，受測人數共計1242人）

「有效傳達」及「對可能存在的天然概念之搜集」。(陳文典1993)

(3)利用圖及對話方式來傳達題意；我們嘗試將重要的天然概念（不管是錯誤的、不周延的或可用的）、或概念間曲折的相關關係，用對話的方式編製題目及以朗讀內容的方式作有效傳達，以確保學生眞正掌握到所要討論的主旨。並先期在台北市金華國小作小規模的試測，以確保題目的趣味性和傳達力。

(4)本研究依據的論據，係於1993年五月以台北市十所國小爲樣本所匯得之資料分析而得。其中一、二年級側重在「學生的傳達與觀察能力」，由教

師一方面實際操作展示現象，一方面與學童交談來施測。其他三、四、五、六年級則採取紙筆測試方式，使用相同的題目，其目的在於探討學童對這些概念認知的發展情形。另外有關理論、模型方面的問題，則採「問答」的方式答題，讓學生自由回答，以便收集各種可能的天然概念及評估其發生的頻度。

資料之處理分析

本研究著重於可能天然概念的收集及可能形成原因之探討，各年級採取之樣本不多，故統計上僅以出現的頻度來表示發生的次數。

三、資料分析與結果

對「冷熱溫度的認識」部份

測試方式：經過實物操作、教師口述題目、學生口述作答等步驟。

受測樣本：國民小學一、二年級學生各一班。

A.會運用合適的語彙描述冷熱。

題目1：（操作）列出五個玻璃杯，分別放入冰水、冷水、溫水、熱水、燙的水，要學童描述「冷熱」的程度。

評量標準：能運用「凍、冷、溫、暖、燙」等字眼來描述冷熱。若沒有誤用，且能說出「三個描述字眼，如冷、溫、熱..」即算「能充份運用語彙描述冷熱」。

評量結果：

年級	能充份運用語彙	僅用冷熱描述	無法描述
一	29/35	6/35	0/35
二	33/34	1/34	0/34

題目2：（操作）桌上放冷水、溫水、熱水各一杯(並不言明)，要兒童觀察並判斷其冷熱，並描述之。

評量標準：能自然地運用五官來分辨冷熱，並能描述何以哪一杯較熱(如冒煙、燙的感覺)。

評量結果：

年級	觀察並描述完整	尚能研判冷熱	表達不清
一	20/35	15/35	0/35
二	22/34	8/34	4/34

結果顯示在描述冷熱時，將近九成的學童皆能流暢的運用燙、溫、冷等語彙來描述冷熱。在觀察冷熱現象時，也都能夠注意到冷熱不同的水所呈現的不同現象。

B.瞭解溫度是冷熱的指標，它與物質「量」的多少沒有關係。

題目 3 ：（操作）由一桶水裡取出一杯水來，比較兩者溫度的高低
評量標準：「兩者溫度一樣」爲唯一正確答案。

評量結果：

年級	大桶溫度高	小杯溫度高	兩者溫度一樣
一	12/35	3/35	20/35
二	3/34	0/34	31/34

題目 4 ：（操作）甲杯的水10℃，乙杯的水也是10℃，兩杯混合在一起，結果溫度是：_____ 。
評量標準：「溫度不變」爲唯一正確答案。

評量結果：

年級	溫度不變	溫度降低	溫度相加
一	11/35	0/35	24/35
二	21/34	1/34	12/34

題目 5 ：（操作）兩個燒杯各裝10℃的水100cc，求混合之後結果
評量標準：水量200cc、水溫10℃爲正確解。

評量結果：

年級	水量相加溫度不相加	水量和溫度都相加
一	11/35	21/35
二	21/34	12/34

以上是實測的結果，顯示低年級學童知道「溫度是用以表達冷熱」，但對於「溫度」本身的概念卻仍是很模糊的。例如：

①「水量的多少」影響他判斷溫度的高低，在低年級仍有少數（一年 級約12/35、二年級則3/34）受此影響。

②當同溫的兩杯水，疊加在一起時，對於「水量相加，溫度不變」此一事實的認識，經過學童口述回答後，再問學童：「兩杯水倒在一起，溫度會高起來嗎？」「你摸摸看，溫度有沒有比較高？」如此與學童晤談之後，可將反應的情況分成：

應答的類型	一年級	二年級
a.知道水混合起來溫度不會相加。 b.晤談後，發現自己不宜把溫度加起來，而加以更改者。	11/35	21/34
c.口述回答時，把溫度加起來，可是晤談時卻知道混合後溫度不會疊加變高，對自己原先的作答也不覺得不對。 （對溫度的概念模糊）	22/35	12/34
d.以爲把水混合相加，溫度也會昇高，用手觸摸也以爲溫度高起來。 （顯示對冷熱缺乏觀察能力）	2/35	0/34

對「溫度的度量與對溫標的認識」部份

A.物質會受冷熱的影響，因此也可由受冷熱影響的程度來度量冷熱。

題目 1 ：提供汽球在冰水及沸水中體積脹縮的情況，應用內插法，由室溫判斷汽球可能的大小。

結果：

年級	三	四	五	六
通過率	41/110	75/164	69/121	87/117

題目 2 ：提供溫度計在冰水及沸水中所指示的刻度的情況，由目前的刻度估計室溫的高低。

結果：

年級	三	四	五	六
通過率	80/110	85/164	97/121	87/117

題目 3 ：利用液體熱脹冷縮的性質，提供液體在冰水及沸水時的體積資料，以此估量液體在人的體溫時可能的體積。

結果：

年級	三	四	五	六
通過率	62/110	90/164	80/121	88/117

由以上三個同類的題目，研判學童「運用物質受冷熱影響的性質，來判斷冷熱的程度」的能力。以三題能答對兩題爲「通過」的標準，則由受測人數評估通過的比率三年級約58％、四年級約56％、五年級約70％、六年級約75％。

B.知道測量溫度的溫標不只是「攝氏溫標」而已。

題目 4 ：攝氏溫標冰水0℃，沸水100℃，人的體溫37℃。若另有一R溫標，冰水 0 R ，沸水1000 R ，則以此溫標度量人的體溫評量標準：370 R 。

結果：

年級	三	四	五	六

通過率	17/110	27/164	70/121	96/117

由通過比率來看，中年級的學童，雖然能運用現成的攝氏溫度計來度量溫度(例如人的體溫37℃)，但是，對於溫標設計的原理則無法去理解，也不去理會它是怎麼來的，所以一旦改用別的溫標，即無法推算新溫標下的人體體溫。使用溫度計只純粹是把它當做一種現成的工具罷了。

C.對於「溫度」概念的認識

題目5：利用一段有關「溫度」見解的對話，把要評量的主題表示清楚，並在談話中提及有關溫度的重要觀點，再由學童依自己觀點作答。(詳見附錄一)

結果：

概念 ＼年級	三	四	五	六
認爲溫度是表示冷熱的程度	91/110	130/164	117/121	107/117
溫度沒有上限，東西愈熱，溫度愈高	30/110	41/164	51/121	55/117
溫度不會超過一萬度以上（有上限）	67/110	70/164	52/121	29/117
溫度沒有下限，東西愈冷，溫度愈低	31/110	41/164	44/121	64/117
熱能全沒有了，就是最低溫(有下限)	73/110	86/164	76/121	57/117

絕大多數學童知道「溫度」是用來度量「冷熱」的，可是他們大半認爲溫度應該是有上下限的。此一問題因極高溫和極低溫在實際生活上並無經驗，僅憑直

覺去論斷，所以也談不上什麼「既成的」概念。只能說一般學童對於超乎日常的高溫與低溫，在觀念上是相當模糊的。

關於「溫度與熱量概念的相關關係之認識」部份

題目 1 ：（利用圖示）將一杯10℃的水等分成兩份，各自分開加熱，且都吸收2000卡路里的熱量，而達80℃。再將兩份熱水合起來。
（1）總共吸收了熱量多少卡路里？
（2）溫度上昇多少度？

評量標準：本題(1)答4000卡、(2)答70℃。其目的在於欲調查學童會不會將溫度也如同熱量一般疊加起來。

結果：

應答情況 \ 年級 (*表示正確答案)	三	四	五	六
*把吸收的熱量加起來	34/80	26/45	60/86	25/38
*知道溫度上昇爲70℃混合仍是70℃	15/80	9/45	32/86	27/38
把上昇的溫度也如同熱量一樣加起來	36/80	15/45	44/86	9/38
其　他	29/80	21/45	10/86	2/38

- 顯示在中年級正確回答上昇70℃的學生比例偏低，可能對於溫度及熱量之概念仍甚模糊，高年級此種情形較少。
- 把溫度和熱量都用疊加方式處理，這種情形非常普遍，中年級約50%，高年級也不少於25%。對於把溫度相加的學童，我們隨意取樣，問他「兩杯水混合起來，溫度會比原來的任何一杯更高嗎？」，普遍的回答是「不會」，可是在紙上作答時卻把兩杯水的溫度加起來。此種實際經驗與作答之間的矛盾普遍存在！

題目 2 ：利用同一熱源加熱（提供圖示），甲杯水少，溫度由10℃加熱到100℃。乙杯水多，也由10℃加熱到100℃。
（1）比較甲乙兩杯水溫上昇了多少。
（2）比較需要加熱的時間長短。

(3) 比較吸收熱量的多寡（不計量）。

評量標準：(1)兩杯均上升90℃，(2)乙杯水多，需時較久，(3)乙杯吸收的熱量較多。

本題以上昇溫度相同，增加熱量卻不同的情境，來評量學童對溫度與熱量概念的區別能力。

結果：(*表示正確答案)

上昇溫度 增加熱量年級	甲杯溫度 上 昇 多		*兩杯溫度上昇 一 樣 多		乙杯溫度 上 昇 多	
甲杯增加的熱量多	三 8／80	四10／45	三 3／80	四 4／45	三 3／80	四 2／45
	五 8／86	六 3／38	五 5／86	六 2／38	五 2／86	六 2／38
兩杯增加的熱量一樣多	三 3／80	四 5／45	三14／80	四15／45	三 9／80	四 2／45
	五10／86	六 2／38	五34／86	六15／38	五 6／86	六 2／38
*乙杯增加的熱量多	三 7／80	四 0／45	三 7／80	四 3／45	三14／80	四 3／45
	五 8／86	六 0／38	五 7／86	六10／38	五 6／86	六 0／38

- 認爲「上昇溫度比較多」就以爲「增加熱量比較多」的學生，在三年級爲36/80、四年級28/45、五年級48/86、六年級18/38，估計都接近50%。因爲這些測驗都是未計量的，反而容易呈現直觀判斷的情形。
- 正確認定增高溫度雖一樣，但乙杯吸收熱量較多的，在三年級僅7/80、四年級3/45、五年級7/86、六年級10/38，均屬少數。

加熱時間 增加熱量 年級	甲杯加熱	兩杯加熱	*乙杯加熱
	比 較 久	一 樣 久	比 較 久

甲杯增加的熱量多	三 2／80	四 0／45	三 1／80	四 2／45	三 9／80	四13／45
	五 1／86	六 0／38	五 0／86	六 0／38	五13／86	六 7／38
兩杯增加的熱量一樣多	三 4／80	四 2／45	三 5／80	四10／45	三19／80	四10／45
	五 1／86	六 0／38	五 0／86	六 0／38	五13／86	六 7／38
*乙杯增加的熱量多	三 2／80	四 0／45	三 3／80	四 2／45	三22／80	四 5／45
	五 4／86	六 0／38	五 3／86	六 2／38	五14／86	六 8／38

・以「加熱久，吸熱就多」爲判斷標準的學童，三年級爲29/80、四年級15/45、五年級33/86、六年級18/38、均未過半數。

題目 3 ：用同一個電熱爐來對不等量的水加熱：

一杯水，加熱 1 分鐘，溫度由15℃昇到80℃。

一盆水，加熱 5 分鐘，溫度由15℃昇到50℃。

（1）比較溫度哪個高。

（2）比較熱量增加哪個多。

（3）小杯放在大盆中，熱量傳播的情形。

評量標準：小杯的水溫度高，盆子的水吸收熱量多，而熱量由高溫往低溫處傳播。

本題旨在提出「溫度雖高，吸收的熱反而較少」的情境，來評量學童對溫度與熱量概念區分的情況。

結果：（*表示正確答案）

溫度高低 ＼ 熱量增加 ／ 年級	大盆的水溫度高	*小杯的水溫度高	其 他（答不知道或不一定）

*大盆的水 熱量增加多	三 4／80	四 2／45	三10／80	四 6／45	三 3／80	四 1／45
	五 6／86	六 0／38	五12／86	六12／38	五 2／86	六 0／38
小杯的水 熱量增加多	三 4／80	四 0／45	三38／80	四23／45	三 1／80	四 2／45
	五 5／86	六 1／38	五45／86	六19／38	五 5／86	六 0／38
其 他 （答不知道 或不一定）	三 3／80	四 4／45	三 2／80	四 5／45	三 1／80	四 2／45
	五 0／86	六 0／38	五 4／86	六 3／38	五 4／86	六 2／38

應答情況 ＼年級	三	四	五	六
*認爲熱是由高溫往低溫處傳播	24/80	12/45	26/86	5/38
認爲熱是由熱量多往熱量少的地方傳	22/80	12/45	26/86	7/38
認爲若水不相互混合即不能傳熱	24/80	21/45	33/86	24/38
其他(未作答及多選)	10/80	0/45	1/86	2/38

對「熱的模型想像」部份

採用一系列題組和陳述，將欲測試的題旨闡明清楚（見附錄一），並且經過朗讀，把文字的冗長和閱讀的障礙等妨礙因素減到最低。最後再提出三個熱的現象，經由學童提出他對「熱」的看法之後，依此看法來解釋這三個現象。用以瞭解學童對「熱」的模型想像情況和對自己所提模型的了解程度。

題目 1 ：對「熱」到底是什麼？提出想像中的模型。

敘述一段對「熱」的冗長辯論後，提供以下的選目，並要求學童提出自己的看法：

(1) 選擇部份

(a)熱是一種很輕的流體，愈密集溫度愈高（流質模型）。

(b)熱是分子運動的能量，運動愈劇烈溫度愈高（質點運動模型）。

(c)不贊同流質及質點運動模型 ，但也提不出別的想法。

(d)無法瞭解問題者。

(2) 我曾經想過這個問題，我認爲熱是：_____ 。

結果：

	熱的模型想像 ＼ 年級	三	四	五	六
(1)選擇部份	(a)熱是一種很輕的流體，愈密集溫度愈高（流質模型）	36/76	42/93	54/122	36/121
	(b)熱是分子運動的能量，運動愈劇烈溫度愈高（質點運動模型）。	32/76	34/93	52/122	81/121
	(c)不贊同流質及質點運動模型，但也提不出別的想法。	5/76	8/93	11/122	2/121
	(d)無法瞭解問題者。	3/76	9/93	5/122	2/121
(2)自述	◎認爲「熱源」即是熱。例如說：火球、火、太陽、瓦斯、光線是「熱」。	1/76	5/93	1/122	1/121
	◎把「產生熱」的過程當成熱。		3/93	4/122	

部份	例如說：「摩擦生熱」、「鑽木取火」、「運動會熱」。 ◎以「熱的效應」當成「熱」。 例如說：「有溫度的東西」、「使溫度昇高」、「熱使人流汗，水份流失」、「使物體膨脹」、「使人受傷」、「一種感覺」、「無形的」、「會燙」。 ◎以「熱的性質」來說熱。 例如說：「會傳播」。 ◎認爲熱是一種「流體」： ・很輕、沒有重量，能使物體膨脹。 ・沒有重量，無色、無味。 ・會膨脹的流體，使重量增加 ・奇怪的流體，雖然感覺得到卻摸不到。 ・無法被測量的氣體，可從任何地方冒出或消失。 ・存在物質及人體中，被烘烤、燃燒或運動時就跑出來。 ◎認爲熱與粒子運動有關： ・分子互相跳動。 ・分子運動產生的東西。	1/76	5/93 1/93 6/93 1/93	8/122	14/121 3/121 4/121

題目 2 ：利用自己想像「熱」的模型，解釋物體爲什麼會「熱脹冷縮」。

結果：

回答的模式及解釋的理由＼年級	三	四	五	六
1.提出模型來解釋「熱脹冷縮」的現象，例如： ・分子受熱會變大。 ・因爲熱有「氣」。 ・熱把物體撐大了。 ・熱是一種分子。遇熱，分子增加	7/76	25/93	31/122	49/121

，遇冷，分子減少。 ・分子運動變劇烈，分子運動時就膨脹。				
2.用擬人化或比喻的方式當理由來解釋現象，例如： ・物體遇熱會放鬆，怕冷就縮起來 ・低溫時分子擠在一起才熱(溫暖)，高溫時分子擠在一起太熱(所以散開一些)。 ・洗衣服時衣服(遇冷水)會收縮。 ・有些東西如爆米花，放進微波爐加熱就脹開。 ・毛細孔遇熱張開，遇冷收縮。 ・像蛋一樣，熱水時縮進瓶裡，冷水時浮起來。 ・包子蒸過以後會膨脹。 ・熱氣球受熱會膨脹，人睡覺冷會縮起來。	3/76	8/93	6/122	4/121
3.把知道的「事實」當理由。 「因爲天氣熱」、「物體遇熱融化膨脹，遇冷則更硬」、「因爲熱脹冷縮」、「銅球加熱後通不過圓圈（重述熱脹冷縮的現象）」、「受熱密度變小、變鬆」.....。	21/76	24/93	49/122	41/121
4.答「不會」或未答。	28/76	24/93	16/122	20/121
5.答非所問或亂答。	17/76	12/93	20/122	7/122

題目3：物體溫度昇高會不會影響重量？爲什麼？

結果：

回答的模式及解釋的理由＼年級	三	四	五	六
1.只答「會」、「不會」，而未做解釋。	14/76	27/93	11/122	14/121
2.提出模型來解釋。 ・不會變重，因爲... 「熱很輕」、「熱沒有重量」、	1/76	3/93	8/122	12/121

「熱會上昇」、「分子運動與重量無關」。				
・會變重，因爲...	4/76	10/93	18/122	13/121
「熱佔有空間」、「熱的分子跑進去」、「熱氣跑進去會變輕」、「熱有重量」、「粒子變大就變重」、「熱的分子數增加」、「熱的分子密度增加」。				
3.用擬人化或比喻的方式當理由來解釋現象。				
・不會變重，因爲...	0/76	0/93	4/122	2/121
人很熱時體重並不會增加。(並舉出反例：棉花加熱重量會變嗎？)				
・會變重，因爲...	3/76	3/93	2/122	3/121
有的物體怕熱。				
因爲變小，就輕了。				
水果在太陽下，水份蒸發就變輕				
橡皮擦遇熱會縮小。				
水加熱會蒸發。				
熱氣球會上昇。				
.....				
4.把知道的「事實」當理由。				
・不會變重，因爲...	14/76	18/93	17/122	39/121
溫度的高低和重量無關。				
只有外表膨脹，不會影響質量。				
重量不會無故增加。				
・會變重，因爲...	3/76	11/93	37/122	30/121
膨脹(變大)了。				
變熱(加熱)了。				
我曾經試過。				
我在書上讀到的。				
5.答「不知道」或未答。	31/76	14/93	8/122	5/121
6.答非所問或亂答。	6/76	7/93	17/122	3/121

題目 4 ：熱是怎麼傳播的？

結果：

回答的模式及解釋的理由＼年級	三	四	五	六
1.提出模型來解釋。 ・分子互相碰撞而傳熱。 ・用很輕很輕的流體(一種氣流)流動。 ・藉分子傳播。 ・反射。 ・像在丟球一樣，或像人在傳球，把球一個個遞過去。	6/76	31/93	22/122	8/121
2.用擬人化或比喻的方式當理由來解釋現象。 ・許多熱量聚集，就燒起來。 ・熱量傳到我們身上，就覺得很熱 ・運動劇烈時體溫會高，所以應該是由人類傳播。 ・由陽光、動物(人)、物質等傳播 ・像傘架一樣傳播。 ・東西燒起來會一直燒過去。 ・像電一樣，碰到會被電死。	22/76	16/93	37/122	61/121
3.把知道的「事實」當理由。 ・傳導、對流、輻射。 ・藉「物質」傳播。(如空氣、鐵.....) ・由熱源傳播(火燄、太陽....)。 ・熱氣上昇。 ・流向冷的地方。 ・由下而上。 ・向四面八方傳播。 ・一直流傳。 ・摩擦。 ・熱愈多傳愈快。	13/76	16/93	25/122	16/121

・由溫度來傳播。 ・慢慢傳播。 ……				
4.答「不會」或未答。	30/76	26/93	21/122	26/121
5.答非所問或亂答。	5/76	4/93	17/122	10/121

四、結論

經由學童所發表的議論去分析歸納，我們發現對於熱現象如此熟悉的日常事件，學童雖然都有一些天然概念產生出來詮釋或理解它，可是這些概念許多都是不周延或是相互矛盾的。也就是未經過仔細的事實驗證或邏輯性的思考其合理不合理（即科學化的思考整理過），大半都是由日常生活經驗培養出的直覺去研判事例。我們將這些測試結果所得的發現，依「學習行爲的一般特徵」和「關於熱現象的認知情況」兩方面來作結論。

學習行爲的一般特徵

(1)把感官的經驗當成是「理論」。

熱與溫度現象與我們自身的生活習習相關，學生經驗了這些「事實」，並用於處理日常事務，也不覺得有問出「爲什麼」的必要。例如被問及「熱是什麼」時，回答「使人流汗」、「一種感覺」、「會燙」等就以爲「已經回答了」問題了，許多學童不能體會問這類想像的「模型」是什麼意義。

(2)天然概念的形成，大半藉助於感官經驗的轉移，具有相當牢固的習慣性。例如在熱的傳播時，高溫的冷卻下來而低溫的熱上來，總熱能守恆的情形，和高水位的水倒入低水位時的情形是多麼的相似；把水量和熱量、水位和溫度做比喻，是非常合理有用的「模型」，所以熱的「流質模型」實際上對於某些熱現象具有相當的代表性。此一模型，即使在科學概念發展史上也要到1798年Count Rumford 發現藉著鑽砲筒摩擦得以無限量的產生熱能，才普遍警覺到此一模型的適用性的缺陷。最重要的，是「水的流動現象」是感官容易感受的經驗，藉此轉移爲熱的流質模型是很自然的聯想。又例如在解釋物體熱脹冷縮的現象時，回答「包

子蒸過以後會膨脹」、「洗衣服時衣服會收縮」、「熱氣球受熱會膨脹」、「人睡覺冷會縮起來」，也是把生活上感官的經驗轉移來想像模型的思考方式。

(3)學童在分別的各種問題上，常能產生可適用的天然概念，可是這些概念可能彼此矛盾，但是因爲事例從未同時發生，所以並行的使用不同概念而不自覺。例如很清楚的知道兩杯等溫的水混在一起溫度是不變的，可是卻仍有很多人把兩杯水的溫度加起來。例如在寒冬裡觸摸鐵的物質感覺很冷，所以當被問及「選擇什麼材料來裝冰，比較不容易熔化呢？」就有學童選「鐵的材料」，因爲在他的經驗中，鐵很「冷」，裝「冷」的東西很適合。在做此決定時，他只憑零星經驗或直覺。若是他多想一下，難道他沒有經驗過鍋子被加熱或鐵燒紅的情形嗎？在這種情形下的鐵不是很燙嗎？可見用冬天觸摸鐵的經驗來研判「鐵是冷的物質」是不週全的。可是許多學童經常顧東不顧西的，未能在建立他的天然概念(naive concept) 時，考慮到同一概念要能夠同時解釋如此衆多的經驗，以及幾個天然概念之間是否有矛盾的情形發生。天然概念若未經過衆多事實的考驗和內在邏輯上的一致性檢視，是無法形成「科學」的知識的。

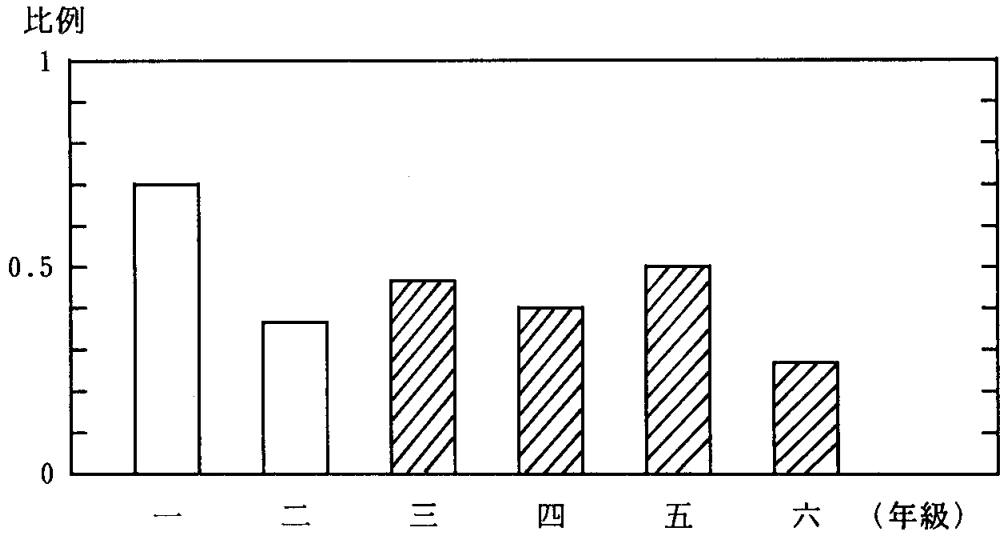
關於熱現象的認知情況

(1)有關熱現象的觀察與描述冷熱的基本語彙，在低年級有九成以上的學童都已具備。

(2)溫度是冷熱的指標，與物質量的多少無關係。溫度與物質量之間沒有直接的關係。可是在生活的經驗中，溫度的變化△T，乃透過熱能的傳送△H和物質的熱容(物質量m×物質比熱S)而關連：

$$\triangle H = m S \triangle T。$$

因此雖然學童會使用溫度計來度量冷熱，但是在判定兩杯等溫的水相加時，根據3.1 節題目 4 及3.3 節題目 1 的測試結果(見表一)，有很大比例的學童，還是把溫度「加」起來。



表一：混合等溫的水時把溫度「相加」的比例

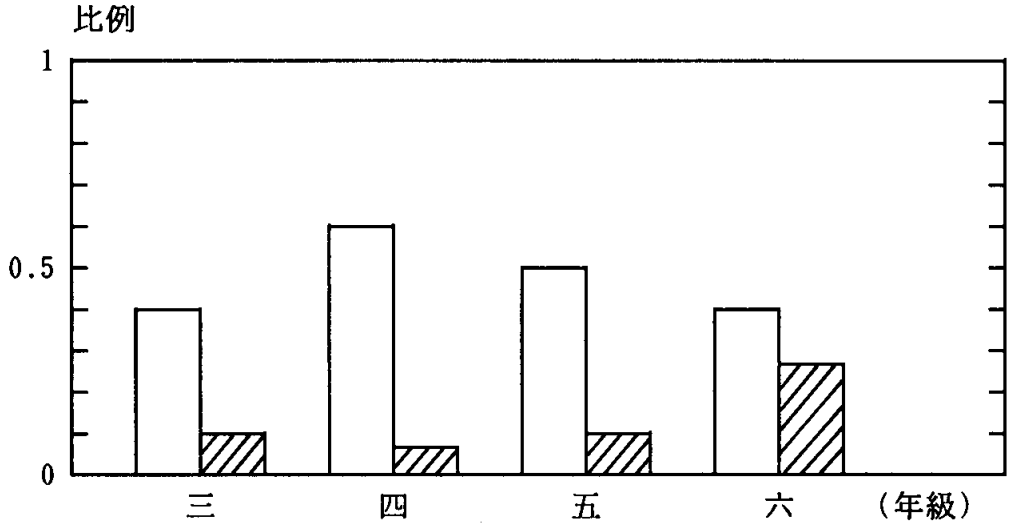
□題目「冷熱與溫度」，把兩杯10℃的水混合起來，求末溫。

▨「溫度與熱量」第一題中，把兩部份80℃的水混合起來，求末溫。

雖然我們的樣本不夠大，統計上仍有未趨於穩定的標準。但是，由如此多的「溫度疊加」之錯誤答案中可以看出，這種溫度與物質量之間的直覺經驗，卻一直困擾著他們的判斷。

(3)「溫度」與「熱量」關係的認識

以單一物質受熱而言，「增加熱量多」則「溫度上昇也多」，這是生活中經常遇到的經驗。可是當加熱的物質有一多一少時，要知道吸熱的多少，則要以「加熱多久的時間」來判定，而不應只注意到「上昇溫度的多少」。要了解這樣的關係，學童需要同時具有「溫度」與「熱量」兩個概念。3.3 節題目 2 的測試結果顯示(表二)學童雖然知道「溫度」與「熱量」是不同的概念，但是在判斷中並未去做科學上的分析，而直接用「加熱則溫度上昇」的經驗轉移來判斷。



表二：在比較兩個不同量的物質受熱時：

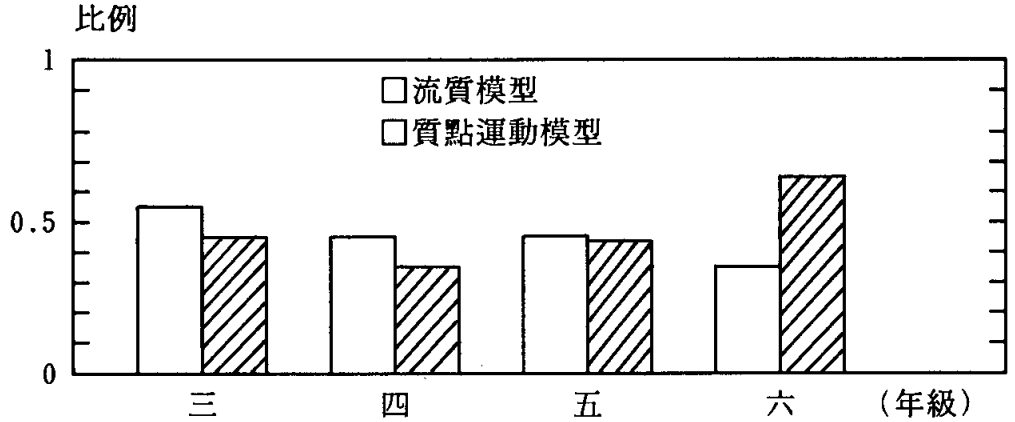
□以「增加的溫度多，吸收的熱量必多」爲判斷標準的學童。

▨正確認知：溫度變化比較大的，吸收熱量未必比較多。

此一結果顯示：除非我們同時安排一個「熱量」、「受熱物質的量」與「溫度變化」三個變量之間變化關係的實驗，才能澄清「溫度」與「熱量」這兩個概念和它們之間的關係。

(4)「熱的質點運動」模型，不是容易接受的模型

由3.4 節題目之(1)的選擇來看，在提供「流質模型」和「質點運動模型」選目的情形下，兩個模型都擁有相當的支持者(見表三)，有少量的學童兩者皆不接受或不瞭解。



表三：比較學童對兩種模型的接受度

(5)熱脹冷縮現象的解釋時，我們可以發現學童想像的天地；例如應用熱流質的模型，把物體受熱膨脹想成是「受到流質的擠塞撐大的」，或認爲是組成物體的「分子」變大所致，或用許多擬人化的想像來附會已知的現象。

結語

由學童對熱現象的認知探討中，我們知道經由自身及生活上的經驗，學童都已具備許多天然概念(naive concept) 去理解這些現象。而經常這些天然概念在解釋各種相關現象時並不完全有效，或常有矛盾不週延之處。但是，一般學童卻沒有去作邏輯性思考的習慣。更有許多學童完全以事實的認識爲基礎，去做比喻或借用，並不去思考「爲什麼」的問題，有「知其然，不知其所以然」的情況。這種普遍缺乏「科學性思考」的習慣，並不會因爲「知道」更多的經驗而改變。除非我們安排了實驗，使這些經驗交織出現，或列舉這些相關的現象同時出現而要求解釋，這時候不合適的概念將產生矛盾的結果，此種情形才能夠激起學童的反省和思考。例如我們安排一個「大盆的水加熱5 分鐘，溫度上昇20度；小盆的水加熱1 分鐘，溫度上昇40度」這樣的情境，來使「溫度約等於熱量」的模糊處顯現出來。不僅如此，還得有力的藉問題把錯誤或不週延的概念在解釋現象時可能產生的「困難」提出來，並作討論，以促進其作科學思考，不僅要求「能合理的解釋相關的各種經驗」，還要求建立「概念與概念之間相關關係的邏輯一致性」。一個科學概念唯有經過如此的考驗，這才形成一種「科學」的知識。

謝辭

本研究工作承行政院國家科學委員會經費支持(研究計劃編號：NSC 82-0111-S-003-023) 謹致謝忱。

研究過程中承板橋教師研習會自然科課程開發教師謝祥宏、蔡寶桂、胡秀芳、林秋麗諸位參與討論及研修題目，並協助在台北縣大觀國民小學、中山國民小學作小規模施測，使題目可讀性提高，題意明確，特別於此致謝。

在台北市施測時，承賴玫美、楊寶玉、鄭慧美、陳駿瑛、邱秀枏、吳碧霞、石靜瑜、徐麗慧諸位教師協助，執行測試工作，所獲資料，爲本文分析及立論之依據，也於此深表謝意。

最後，但也是很重要的，是本計劃研究助理蔡宜君長期的參與本計劃研究題目之修改、打字和各類事務，也於此致謝。

五、參考文獻

1.陳文典(1992)：國民小學自然科課程設計指導綱領。台灣省國民學校教師研習會編印。

2.陳文典(1993)：國科會科學教育專題研究期中報告(未發表)。

3.Albert,E.(1978). Development of the concept of heat in children. Sci. Educ. 62 389-99.

4.Appleton,K.(1984). Children's ideas about hot and cold. ERIC. ED252407.

5.Colugh,E.E., Driver,R.(1985). Secondary students'conceptions of the conduction of heat. Phys. Educ., 20 176-182.

6.Dow,W.M., Auld,J., Wilson,K.(1978). Pupils concepts of gases, liquids and solids. Dundee College of Education.

7.Erickson,G.L.(1979). Children's conceptions of heat and temperature. Sci. Educ. 63 211-30.

8.Shayer,M., Wylan,H.(1981). The development of the concepts of heat and temperature in 10-13 year-olds.

9.Tiberghien,A.(1980). Modes and conditions of learning. An example: the learning of some aspects on the concept of heat. The University of Leads. 288-309.

六、附錄（測試題目）

一、冷熱與溫度的認識

施測與閱卷說明

二、溫度的度量與對溫標的認識

施測與閱卷說明

三、溫度與熱量概念的相關關係之認識

施測與閱卷說明

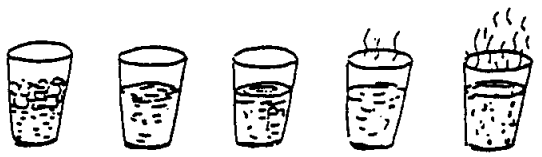
四、熱到底是什麼？

施測與閱卷說明

一、冷熱與溫度的認識

A．會運用合適的語彙描述冷熱

題目 1 ：操作：列出五個玻璃杯，分別放入冰塊、冷水、溫水、熱水、燙的水，要學童描述「冷熱」的程度。



評量標準：能運用「冰、冷、溫、暖、燙」等字眼來描述冷熱。若沒有誤用，且能說出「三個描述字眼，如冷、溫、熱....」即算通過。

適用年級：一、二。

題目 2 ：操作：桌上放冷水、溫水、熱水各一杯，觀察並判斷冷熱。



評量標準：能自然地運用五官來分辨冷熱，並加描述。

適用年級：一、二。

B．瞭解溫度是冷熱的指標，它與物質「量」的多少沒有關係

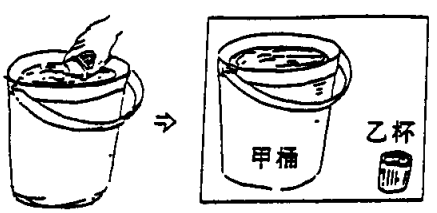
題目 3 ：操作：由一桶水裡取出一杯水來。

比較兩個溫度的高低：

□甲桶裡的水，溫度高。

□乙杯裡的水，溫度高。

□甲、乙的水，溫度一樣。



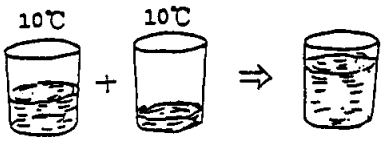
題目 4 ：操作：甲杯的水10℃，乙杯的水也是10℃，兩杯混合在一起。

結果溫度是：

□還是10℃。

□比20℃低，但比10℃高。

□成了20℃。

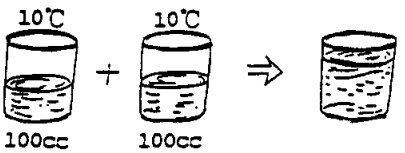


題目 5 ：操作：兩個燒杯各裝10℃的水100cc。

混合之後結果：

水的總量是_____cc。

水的溫度是_____℃。



施測及閱卷說明

本測試適用於小學一、二年級學童，測試的方試，宜用實物操作的方式來進行。由於幼童對於10℃、100cc 等溫度、體積的度量值並不熟悉，故可改用口述的方式問「兩杯冷水加在一起，冷熱會改變嗎？」，再改問「溫度高低會改變嗎？」，最後再以紙筆(或學童口述)測試之。

◎評判標準說明

A.會用合適的語彙描述冷熱

題目 1．語彙的運用（能用燙、溫、冷等至少三個語彙(○)、只會用冷熱二分法來描述溫度(△)、不會描述(×)）

題目 2．觀察冷熱現象（如冒煙、摸起來燙燙的、劇烈的對流....）並判斷之（佳(○)、可(△)、差(×)）

B.初淺的溫度概念

題目 3．乙杯取之於甲桶，應等溫（□□☑，記錄爲 3 ）

題目 4．等溫兩杯水相加，溫度一樣（☑□□，記錄爲 1 ）

題目 5．水量相加，溫度不相加（200cc，10℃）。答對○，答錯×。

◎研判

A.能運用合適的語彙

（題 1 、題 2 兩項中有一個○或兩個都△者，判別爲「 1 」，其它爲「 0 」）

B.溫度是冷熱的指標，沒有「疊加」的意思。

面談時，知道溫度不疊加的「事實」，測試時題 3 、 4 、 5 皆對者

---------- a

面談時，知道溫度不疊加的「事實」，答卷時把它「加起來」，提醒後更改者

---------- b

面談時，知道溫度不疊加的「事實」，答卷時把它「加起來」，不認爲不妥當者

---------- c

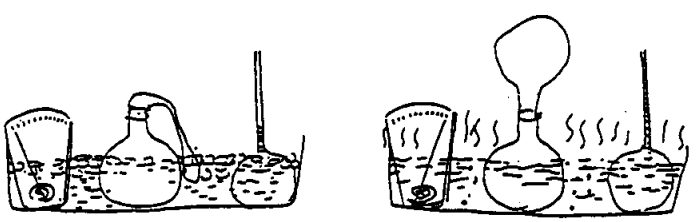
知道混合不會「熱」起來，但是卻認爲溫度是疊加的---------- d

認爲混合會「熱」起來，溫度是疊加的---------- e

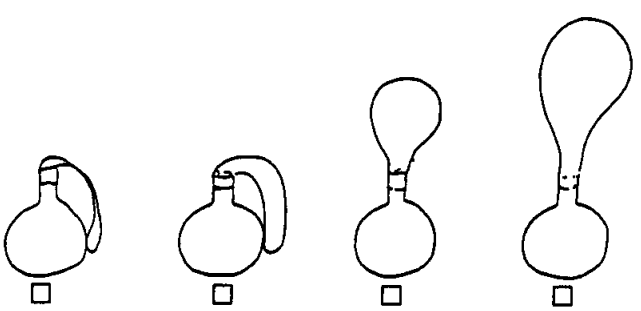
二、溫度的度量與對溫標的認識

A．物質會受冷熱的影響，因此也可由物質受冷熱影響的程度來度量冷熱。

◎在冰盆及沸騰的熱水盆中，呈現了兩個現象：



題目 1 ：以現在的氣溫來推想，把氣球從盆中拿出來，放在桌上一會兒，哪一個情形最可能？



題目 2 ：將  放在某處，發現它呈  。

由此推測這個地方的溫度：

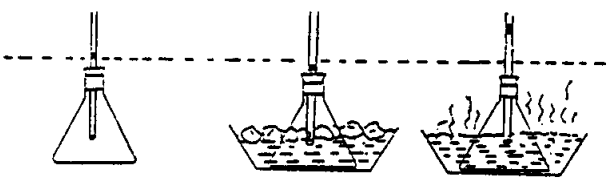
□比冰水要冷。

□比冰水溫度高，但比體溫低。

□比體溫高，但比沸水溫度低。

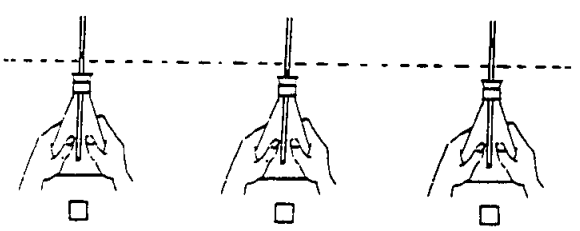
□比沸水的溫度高。

題目 3 ：如圖所示，瓶塞上的毛細管內有一段紅色水柱，我們記錄了它放入冰水中與放入熱水中之後的現象。



放入冰水中　　放入熱水中

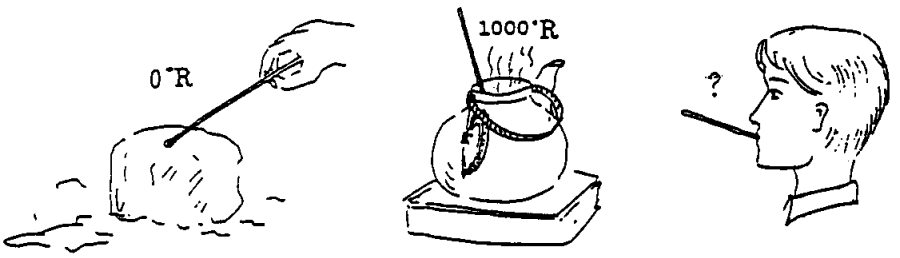
現在用雙手抱住瓶子一會兒，紅色水柱會跑到哪裡？你認爲對的「✓」出來。



B．知道測量溫度的溫標不只是「攝氏溫標」而已

題目 4 ：用攝氏溫度計測量，冰水的溫度是 0 ℃，沸水的溫度是100℃，人體的溫度是37℃。

現在有另一種溫度計，格子很細，測冰水是０Ｒ，放在沸水裡是1000Ｒ。



（1）100℃和1000Ｒ，冷熱（□一樣，□100℃較熱，□1000Ｒ最熱）。

（2）若用來測人的體溫，將會是 _____ Ｒ。

Ｃ．對於「溫度」概念的認識

題目５：以下幾個同學在討論「溫度」的意思：

◎小虎說：溫度是表示冷熱的程度。

◎小豆說：攝氏零度(0℃)是最冷的意思，物體不可能比0℃更冷。

◎小青說：小豆;不對。東西愈冷，溫度愈低。可以-10℃、-20℃，或更冷，-100℃、-1000℃、-10000℃....。

◎小紅說：小青的話有些對，有些不對。東西愈冷，溫度愈低，最低叫絕對零度，表示一點點熱能都沒有了。

◎小狗說：那麼最高是100℃囉！

◎小羊說：笑話！溫度可以一直高上去。

◎小豬說：我看不可能，了不起高到一萬度。

◎小羊說：笑話！科學怎麼可以用猜的。溫度可以一直高上去，沒有限制。

◎小娥說：溫度不可以高過100℃，超過100℃怎麼量呢？可見是不會超過的。

◎小羊說：笑話！不用酒精溫度計或水銀溫度計也可以，可以改用別的溫度計呀！

◎小豬說：我聽說，不到一萬度，所有的東西都熔化了，石頭熔成岩漿，玻璃也熔了，怎麼量溫度呢？~u2;小羊~u1;，你才眞正說笑話呢！我認爲溫度絕對不會超過一萬度。

把你同意的論點「✓」出來：

□溫度是表示冷熱的程度。

□東西熱，溫度高。溫度是沒有上限的，可以一直高到百萬、千萬度。

□溫度不會超過一萬度以上的。

□東西冷，溫度低。溫度是沒有底限的，可以冷到零下一百度、一千度..。

□熱是一種能量，東西冷到一點點熱能都沒有了，就是最低溫度了，所以溫度是有下限的。

施測及閱卷說明

本測試對象由小學三年級起到六年級。測試前要充份的閱讀、討論，以便完全瞭解題目的意思，做答所用的時間很少。本測試可以全班參與。

◎評判標準說明

1.充份討論，了解題意。（題１：２，題２：３）

2.以膨脹比例來看。（題３：１）

3.題４強調Ｒ溫度計的刻度很細。題4(1)：1、題4(2)：370 Ｒ。

（全對○，4(1)對△，其他×）

4.題５「同意的都✓出來」，答案是☑☑□□☑。

◎研判

1.能了解溫度計製作的原理：題１、題２全對 ----------(1,0)

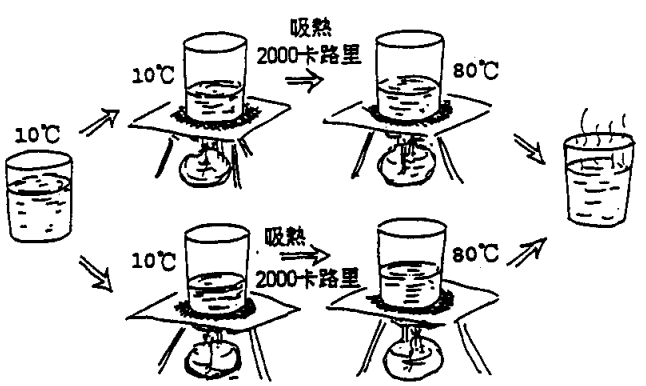
2.知道溫度計不只一種：第３題不是寫37 Ｒ ----------(1,0)

3.會運用現象的變化，和溫度關聯(題１、２、３答對的題數)------(3,2,1,0)

4.第４、５題直接登錄。

三、溫度與熱量概念的相關關係之認識

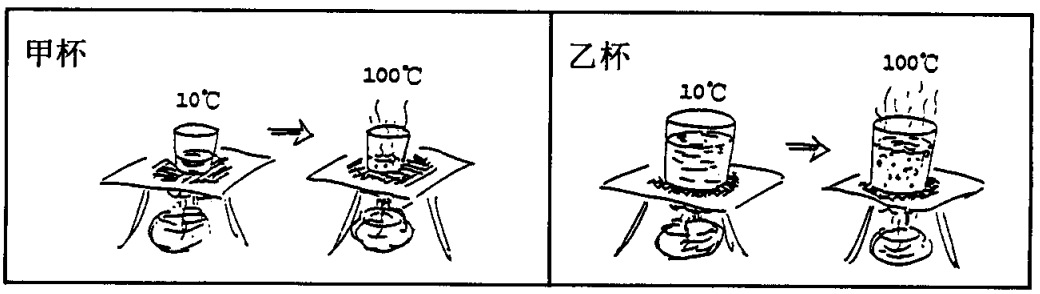
題目１：將一杯水分成兩半，分別加熱到80℃再合起來。



(1) 這一杯水一共吸收熱量 _____ 卡路里。

(2) 這一杯水的最後的溫度是 _____ 度。

題目 2 ：兩杯的水都是10℃，用相同的酒精燈加熱，要昇到沸騰(100℃)，



(1) 因此上昇的溫度：

□都一樣是90℃。 □不一樣，甲上昇得多。 □不一樣，乙上昇的多。

(2) 哪個需要的時間比較久？

□甲杯的水，需要煮久一點才沸騰。

□乙杯的水多，需要煮久一點才沸騰。

□增加的溫度一樣，所以要一樣久。

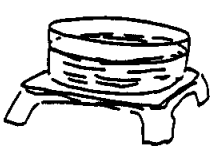
(3) 在加熱的過程中，比較甲、乙吸收的熱量：

□甲杯吸收的熱量多。

□乙杯吸收的熱量多。

□甲、乙吸收一樣多的熱量，因爲溫度都上昇90℃。

題目 3 ：用同一個電熱爐對水加熱：

・電爐加熱 1 分鐘。 15℃—→80℃  小杯的水	・電爐加熱 5 分鐘。 15℃—→50℃  大盆的水

(1)「溫度」比較高的是：

□大盆的水，□小杯的水，□不知道，□不一定。

(2)「熱量」增加比較多的是

□大盆的水，□小杯的水，□不知道，□不一定。

(3)把小杯放在大盆中，則「熱量」

□由小杯傳到大盆的水中。

□由大盆傳到小杯的水中。

□不傳動，因爲大盆和小杯的水沒有混合在一起。

施測及閱卷說明

本測試可經過詳細的閱讀、解說、瞭解題意後再做答。可做一個班級的測試。

◎評判標準說明（答對 1 ，答錯 0 ）

〔題 1 〕強調分開加熱，再合起來，不計較熱的散失因素。主要在測「熱能的疊加性」和「溫度是冷熱高低的指標，非疊加性」。

(1)40大卡，(2)80℃。

〔題 2 〕強調初溫一樣，末溫也一樣，甲的水少，乙的水多。

(1)☑□□，(2)□☑□，(3)□☑□。

〔題 3 〕與題 2 平行，但狀況不同，強調「加熱時間不一樣」，而且「加熱時間短的，反而因爲水量少，增加的溫度多」。雖然這樣強調對答題有「暗示」，但是主題在測(3)，故無妨。

(1)□☑□□，(2)☑□□□，(3)☑□□。

◎研判

1.瞭解「熱能」相加，溫度則否（題 1 全對）----------(1,0)

2.知道「熱量」由高溫往低溫傳（題3(3)對）----------(1,0)

3.瞭解溫度與熱的關係(題2、題3)：全對者2分，部份對1分，其他0分 ---(2,1,0)

四、熱的模型想像

題目 1 ：「熱」到底是什麼？~u2;小英~u1;突然冒出這句話，引來一陣很有趣的對話。你想想看，同不同意他們的論點。

☆＜幻想小組的論點＞

小強說：我想「熱」是一種很輕很輕的流體，東西含有它愈密集，溫度就愈高；愈稀疏，溫度就愈低。含有它愈多，熱量就愈多。

小英說：我同意你的說法。不過，它若很輕，畢竟還是有重量的，所以我想：一個東西溫度昇高時，重量會增加一些些。

小雯說：有道理，有道理。這些流體塞到東西裡頭去，塞得愈密集，擠不下了體積就會撐大一些些，我想這就是物體受熱體積膨脹的原因了。

小美說：我認爲「熱」是有顏色的，不然怎麼東西燒起來就變紅色或白色的!?

小迷糊問：那麼這些「熱」平常躲在什麼地方呢？

小明說：我想它們存在物質裡面，燃燒的時候跑出來，就被我們看到了。它投射到東西上面有的反射，有的又被吸收進去了。

小麗說：照這麼說，「熱量」是固定的啦！流到哪兒，哪兒就熱起來，而且溫度會上昇。流失的地方溫度就下降了。所以密的地方（溫度高）會流到疏的地方（溫度低）。

他們得到一個好理論了，他們很得意的大笑著。

☆＜野獸派的挑戰＞

小羊反駁：笑話！我用雙掌摩擦，熱一直產生出來，照這麼說，我的手不是會變冷了嗎？怎麼我的手也熱起來了？

小豬說：「熱量」是秤不出重量的。它可能很輕很輕，或沒有重量，但實驗上一直秤不出來呀！

小狗說：「熱」不應該有體積，我不同意「熱」因爲塞到東西的狹縫把東西撐大的想法。我認爲東西在溫度高的時候，顆粒自己變大了。

小貓說：我也不贊成小雯說的，但是也不贊成小狗的解釋，我認爲東西的顆粒不會自己變大。

小雯說：東西的顆粒不變大，又不贊成「熱」流體跑到狹縫間，而東西受熱又會膨脹，這要怎麼解釋呢？

☆＜大偉聽說過＞

大偉說：聽說「熱」是分子的運動動能，分子運動愈劇烈，感覺到的就是溫度愈高。

小豬立即反駁：那麼，我曬太陽的時候，感覺到太陽很「熱」，這種情形要怎麼解釋？

小英接著問：你能利用「分子運動劇烈」來說明「物體受熱膨脹」嗎？

看到大家都要搶著提出疑問的樣子，

大偉急忙說：我也不知道。我只是聽老師說過而已，自己還沒想通呢！

小麗笑著說：說不定那時候你正在打瞌睡沒聽清楚呢！

大家都一起哄笑出來！

小迷糊又開始迷糊了，現在正式邀請你參加意見：

(1)不管能不能解釋，我的想法是：

a.我贊成小強的想法：「熱」是一種很輕很輕的流體，愈密集溫度愈高。

b.我贊成大偉的說法：「熱」是分子運動的「能量」，運動愈劇烈溫度愈高。

c.我是大迷糊，我不知道大家在吵什麼！

d.小強、大偉的想法都不對，但我一時之間也提不出別的想法。

(2) 我曾經想過這個問題，我認爲「熱」是：_____。

題目 2 ：根據你所想的「熱」，解釋爲什麼物體會有熱脹冷縮的現象？

題目 3 ：物體溫度昇高了，會不會影響它的重量呢？解釋一下你的判斷。

題目 4 ：根據你的想法，解釋「熱」是怎麼傳播的。

施測及閱卷說明

本測試重點在〔題目 1 〕熱模型的想像，以選擇1(1)及問答1(2)來呈現，測試前要充份的研讀、討論，一直到完全掌握題意爲止。本測試可同時施測全班。其它題目 2 、題目 3 、題目 4 則以心中所想的「熱」模型來解釋熱現象。

本題在於搜集有關熱模型的想像，以列表方式，將各種想法列出，並計算發生的頻度。

Children's ideas about temperature and heat

Wen-Den Chen[1] Der-Sheng Liou[2]

[1]Department of Physics, National Taiwan Normal University, Taipei, R.O.C.
[2]Taiwan Provincipal Institute for Elementary School teacher's Inservice Education

Abstract

Being familiar with a phenomenan doesn't necesarily imply true understanding. Thermal phenomena are such kinds of experiences which are closely related to our daily life. In our investigations, it's found that students already get the concepts of temperature, heat, molecule and the relations between temperature and heat. We also find that these naive concepts are usually faraway different from the real scientific concepts.

Sometimes students make use of a concept and unconsciously make adaptations for temperary needs caused by different situations encountered. It is the naive concept which is formed unmindfully without rigorous speculation.

To stimulate learning effectively, teachers must skillful afford environment in which the concerning concepts appear simultaneously, and propose crucial questions to expose the contrasts or incompleteness of students' naive concepts, so as to push them to review, correct and rebuild their concept system.

Key word : Temperature; Heat.