

萬 有 文 庫

第二集七百種

王 雲 五 主 編

絕 對 溫 度 標

愷 爾 文 著

朱 恩 隆 譯

商 務 印 書 館 發 行

萬有文庫

第二集七百種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

目錄

絕對溫度標	愷爾文著		一
-------	------	-------	---

附

熱之動能	噶爾諾著		一八
熱力學第一定律	克勞修司著		二九

絕對溫度標

愷爾文

湯姆孫，愷爾文伯爵（William Thomson, Lord Kelvin）於一八二四年六月二十六日生於擺耳縛絲特（Belfast），渠父在該處大學任數學教授。八歲時，父親至格拉絲果（Glasgow）城大學教書，湯姆孫隨往。渠自後終其身居住該城。渠在劍橋（Cambridge）讀書，於一八四五年卒業，數學成績列第二名，並為史密斯（Smith）獎金得獎之第一人。渠嗣與賴格腦耳（Regnault）在巴黎從事實驗工作一年，於一八四六年被聘為格拉絲果大學自然哲學系主任，渠在該處任教授共五十三年。一八九九年退休，就其封邑（在拉格 Largs 附近）一九零七年十二月十七日亡於此。

湯姆孫不僅為熱力學創立人之一，且當時有一公司企圖在大西洋中裝設第一根電報纜，開始即為其顧問工程師；電纜之能製造成功而使用滿意，實多賴其發明。渠且發明多種重要儀器，作

電學上精密之測定，並用於各種研究實驗中。一八六六年受封武士爵，一八九二年升受貴族爵位，稱拉格愷爾文伯爵。

以下第一篇文字乃根據噶爾諾熱動能之理論，倡議採用一種絕對溫度標。此文載於一八四八年六月五日之劍橋哲學會刊與一八四八年十月份之哲學雜誌。是在發現熱力學第二定律之前，其所倡議之溫度標未能當意，但此標尺所依據之原理卻未錯誤。愷爾文嗣發表『熱之動力說』(Dynamical Theory of Heat)一文，對於改正後之標尺，即現所使用者，曾加敘述，該文載於一八五一年三月份之愛丁堡皇家學會會報 (Transactions of the Royal Society of Edinburgh) 與一八五二年第四卷之哲學雜誌。下文第三篇即自該文摘錄而來，復敘溫度標。第二篇亦係摘錄該文之一部，愷爾文所由宣述熱力學之第二定律者。

第一篇（絕對溫度標）（註）

溫度之測定，在物理學上，久經認為一至關重要之問題，以故引起人之精密注意，尤其最近數年，頗多苦心孤詣，對之作甚繁複精細之實驗研究者；吾人由是得有一實際解決之辦法，其完善程度，可謂盡如人意，即用於極度準確之考量中，亦至可靠。但計溫學之理論至今距如是滿意之境尙遠。建設一溫度標所當依據之原理，矚視之似甚顯明，因人每易設想：一完善之溫度計將表明等量熱之增加，相當於等量溫度之升高，溫度可由其分度尺上載有數值之分度估計之。但如此情形之計溫術現經公認為不可能（因物體比熱之變動），有如實驗證明之事，故吾人無復原理可資依據以求絕對之溫度標。

（註）譯者按：以下三篇文字係自愷爾文兩篇論文摘錄而來，對於闡明絕對溫度標之原理，有連貫性質，譯者加冠總題，仍分三篇，而於每篇前附註英譯本之題名。

較之根本樹立絕對標度脫離任何物性關係略次要之問題，爲任意訂定一種計溫制度，由之可以確切比較各實驗家在不同地點與情形下所觀測之結果。按照近日著名儀器廠家所明白規定之方法製造刻度之溫度計，已能完滿達到此項目的，但各計指數之意義，須依嚴正之實驗程序在一種比較形式下加以解釋；該項程序業經多人說明。賴格腦耳其尤著者。根據空氣之膨脹所製之特種溫度計，最不易生任何不定變化，故通常卽以之爲各種製法不同之溫度計之標準。故現所用測定溫度之標度，係屬之空氣溫度計，且在精確研究中，無論所用儀器個別製造法與刻度法爲何如，常須留意將其讀數變化以合此種標度。

空氣溫度計刻度之原理甚爲簡單，蓋器內空氣或其他氣體，在定量壓力下，所受等量之絕對膨脹，將於刻度尺上指示同等之數差；自水之冰點以至沸點一段中，可分成若干分度，於是一『度』之長，乃得確定。現由賴格腦耳察知各種由空氣或其他氣體在不同壓力下製成之溫度計，其所指示之數值均相符合，差異至微，殊難覺察，除非用某種氣體，如亞硫酸者，其特性近似飽和汽體，情形方有不同。此種非常情事提高空氣溫度計之實用價值絕多，但吾人猶須規定某種氣體，在一定壓

力下，作計溫之物體，方可規定一嚴正之標準。是吾人雖有一精確原理，製立一定制度，用以計溫，而仍須一特別物體爲計溫之標準，以資考證，不得謂爲已有絕對標度。嚴格言之，吾人僅能將實際採用之標度，作爲一串隨意定數之參考點，相互接近，足合實際計溫之需要而已。

然則物理學中尙有其他任何原理可資依據以立一絕對之溫度標乎？是誠物理科學在現階段一最饒興趣之問題。吾覺噶爾諾熱動能之理論，可使吾人作正面之答辭。

由熱發動之機械效應，其數量算式中僅含熱量與溫度間隔兩種因素，是即噶爾諾所樹立動能與熱之關係。現吾人已由另一方面得一確定制度，以測熱量，故吾人可由動能與熱量二者測定溫度間隔，由其估計溫度差之絕對數量。欲說明之，須將噶氏理原略加解釋；如讀者對此在物理學上至有價值之文獻欲窺全豹，可由上述諸文中（噶爾諾原著與克拉派倫熱動能之理論一文）擇一參閱。

科學至現階段，無有方法能使物體吸熱而不升高其溫度，而不變爲潛熱，改變物體內部之性質；且變換熱（或熱質）以爲機械效能，似爲不可能之事，其尙未經發現，可斷言也。故在實際用熱

發生動能之機器中，吾人不能尋出任何熱之吸收或變換以爲動能之來源，僅可自熱之傳遞中見其主因。噶爾諾根據物理學上公認之原理，證明機械效能之產生，乃由機器（例如蒸汽機或空氣機）中介體自一熱體取熱，使之降落至一涼體；反之，渠亦證明同量之熱，將由消耗與前相同之機械效能，自一涼體升高至一熱體（機器於此以逆向運行）。此項情事與水輪無異。設令水經水輪由高低，則有機械效能產生；設用力反轉水輪，或如使用一抽水機，則可使水由低升高。由一定量熱之傳遞，所生機械效能之數值，無論用何種效率完滿之機器作媒介，將如噶爾諾所證明，與機器中所用傳熱介體之特性無關，僅視所由傳熱之二物體之溫度間隔爲定。

噶爾諾對於空氣機與蒸汽機理想之製造法，曾細加考量。安排理想機器之方法，固當滿足極度經濟一項條件，且須適合循環意念，即所用物體（一爲空氣一則爲水）之一切物理情態，於全週動作結束時，必須還原與開始時恰同。渠乃由是證明自一熱體傳一單位熱量至一涼體，經過溫度標之任何部段，所生機械效能之絕對數值，可自某數要件考定之，此數要件均能以實驗確定，或以空氣或以流體與其汽體設論皆可，克拉派倫在其文中舉出各種實驗之數據，自認甚不正確，並

以噶爾諾之方式，計算由一單位熱量，在標尺各部份，降低空氣溫度計一度所生機械效能之量。如是所得結果有甚確定之指示：吾人所可名為空氣溫度計一度之值而甚覺合宜者（由一單位熱量降落一度所生之機械能量估計之），視所在標尺之部分而異，在高溫度時較在低溫度時為少。

現吾所提議之標度，有一特殊性質，即各度之數值皆屬相等，換言之，如有一單位熱量，自物體A降至另一物體B，物體A之溫度在此標度為T，物體B之溫度為(T-1)。其所產生之機械效能，無論T之數值為何，皆屬相等。故此確可名為絕對標度，因其特性獨定，不受任何物體性質之影響也。

如欲以空氣溫度計之標度與此相比較，吾人必須先知空氣溫度計各度之值（依上述原理估計）。現由噶爾諾考量其理想蒸汽機所得之算式，可以計算此種數值，但須先經實驗，決定飽和汽體在各溫度時之壓力與一定量體積所有之潛熱。賴格腦耳之偉大工作，前文業已提及，其主要目的，即係決定此等要素，但至現在其研究尚未結束。在其研究之第一部中，飽和蒸汽當溫度在 0° 與 230° （空氣溫度計攝氏標度）一段間之壓力與一定重量之潛熱業經測定，顧迄今所發表者

即僅於此；吾人尙須知悉飽和蒸汽在各溫度時之密度爲何，方可決定一定量體積之潛熱。賴格腦耳言將對此從事研究，但在其結果發表以前，吾人無法可以完成現一問題所需之數據，除非用近似之壓縮與膨脹定律（馬略特與給呂薩克定律 Mariotte and Gay-Lussac），或波義耳與道爾頓定律（Boyle and Dalton），估計飽和蒸汽在各溫度時之密度（相當情形之壓力業經賴格腦耳研究發表。）在尋常氣候所有天然溫度之範圍以內，賴格腦耳已實際尋出飽和蒸汽之密度（化學年刊載測比重論），證明上述之近似定律，頗爲確切。故若溫度不超出 10° ，由給呂薩克與他人所作實驗，吾人可有理由相信不致有甚大差誤。但在高溫度如 330° 時，由此估計所得飽和蒸汽之密度，可甚錯誤。現殊未能爲此新議之標度作一完全滿意之計算，須待其餘實驗數據盡數獲得而後可。但就目前所有之數據，吾人可將此新標度與屬於空氣溫度計者作一粗略之比較，至少在 0° 與 10° 間可以相當滿意。

比較空氣溫度計之標度與此新議之標度，自前者 0° 起至 330° 止，所須計算之工作，係蒙史梯耳君（William Stool）擔任，渠前在格拉絲果大學，現在劍橋之聖彼得學院（St. Peter's）

College) 渠將結果列成表式，在會中報告，並附圖表，明示此兩標度之比較。第一表表明一單位熱量在空氣溫度計任一度時降低一度所產生之機械效能。所採用之熱單位爲須升高一仟克水之溫度自空氣溫度計之 0° 。至 1° 。時所用之熱量；機械效能之單位爲一米一仟克，即一仟克重之物體經攜高一米所須之功。

第二表表明空氣溫度計自 0° 。至 330° 。間各度所當此新擬標度之溫度（在兩標度上任定 0° 。與 100° 。爲二相合之點。）

附註——設吾人將第一表所列前一百項數目相加，得 135.7 ，此爲一單位熱量自一溫度在 100° 。之物體A降至另一在 0° 。之物體B所生之功。依據白拉克（Dr. Black，其結果經賴格腦耳略加改正），是種七十九個熱單位可溶一仟克之冰以成水。故若以溶一磅冰之熱量爲熱之單位，而以一米一磅爲機械效能之單位，則由一單位熱量自 100° 。降至 0° 。所生之功爲 79×135.7 ，或約爲 $10,700$ 。此與 $33,100$ 呎磅相等，僅略大於一馬力之機器（ $33,000$ 呎磅）在一分鐘內所作之功。現若吾人使用一一馬力之蒸汽機，設其效率完善無缺，汽鍋溫度在 100° ，凝汽機不斷有冰之供給，保持其溫度在 0° ，則一分鐘內，將有較一磅略少之冰溶化爲水。

第二篇（熱力學第二定律）

依據噶爾諾在熱之動能學說中所最先引用之淺近原理，無論用何種程序，一切應用物體之物理與機械情形，於程序結束時，必須回復與程序開始時完全相同，其所產生之機械效能，方可謂由純粹熱源變化而來。吾人頗易想像數種熱力機器，對於上一條件，皆時時滿足，例如法拉第（Faraday）之浮磁鐵或巴羅（Barlow）之輪與軸，受電流影響，以等速轉動而生功，電流係因熱之傳遞，由二接觸之金屬體中不斷產生；或如馬西（Mach）所計劃之熱電旋轉器，實際已有製造。在另一方面，一切由電發動之熱力機，或用斷續電流，或用軟鐵加以變動之磁化，一切由介體更迭膨脹與壓縮所發動之機器，其中物體之情態，實際上皆有變化；但依上述原理，此種變化必須有嚴格之週期性。任何是種機器，一週間所作連串運動成一組系，吾人將名此組系為其動作之全循環；每週結束時，一切物體之情態，均完全回復與開始時相同。此後凡言熱力機所生之功或機械效能而未

加限制者，須知係謂一不變機器所生之機械效能，或一有週期性之機器在一全循環中或任數全循環中所生之機能。

吾人將常假定熱源爲一熱體，在一恆定溫度，與熱機之某部接觸；且如機器之任何部位，欲免溫度升高（惟有吸去內中所生之熱），將假定用一涼體與之接觸，此體亦在一恆定溫度，名爲發冷器。

熱動能之全部理論，係胎原於下述之兩條擬律，一屬焦耳，一屬噶爾諾與克勞修司。

第一擬律（焦耳）——設有等量之機械效能，或純由熱源產生，或盡消失而爲熱，無論作用方法，如爲必有等量之熱或消滅，或產生。

第二擬律（噶爾諾與克勞修司）——設有一機器，當以逆向運用時，其物理與機械之作用物，在各步動作中，均皆反向，其所產生之機能，將與任何熱力機，自同量之熱，用同樣溫度之熱源與發冷器，所能產生者相等。

前一擬律業經指明係附屬於普通『機械效能之原理』中，且經下列之證明成立，毫無懷疑。

餘地。

無論由何種直接效應，檢察一物體在任何可以想像之情形下所得或所失之熱，其數量之測定，總可由量定某種標準物體量以解決，是量之標準物體得由其升高溫度，自一標準度數至另一度。凡能升高任何等量物體，自同一溫度至另一相同之較高溫度之熱量，皆屬相等。現由熱之動力說，吾人當知欲升高物體之溫度，惟有以某種方法，加功於其上，不僅改變微粒間距離或其排列法，且使其內部發生較強烈之熱運動；在溫度改變時，微粒間距離與其排列法亦往往隨而改變。此種機械效能之全部，皆賴功以產生，所須功量當然與升高溫度之物體量成正比，按此物體係由一標準溫度升至另一溫度。故當一物體或一組物體或一部機器在放熱或收熱時，實際上必生相當之機械效能，如係放熱，必有機能由其產生，如係收熱，必有機能為其獲得；其所產生與獲得之能量之比，必等於其所放出與收入之熱量之比。但外力對此物體所施之功，與由其內部分子所產生者，及其全部熱動能所減少之量三者之總和，必等於由其產生之機械效能，故亦等於其所放出之熱之功當量（或正或負，須視三量之總和為正為負而定）。現假定物體之任何部分，既無分子之變化，

亦無溫度之增減，或假定用循環動作，使物體之溫度與其物理情態，完全還原與開始時相同，其所產生之第二項與第三項之功終相抵消，吾人可以斷言其所放出之熱將爲外力所施之功之熱當量，或所收入之熱爲其所作外功之熱當量；吾人於是成立所須證明之擬律。

第二擬律之證明基於下一公論：

世上無有方法，能由無生物之作用，將物質之任何部分冷至四圍物體中最冷者之溫度以下，以產生機械效能。

證明第二擬律，吾人假定A與B爲二熱力機，兩者之熱源與發冷器均在相同之溫度，其中B滿足擬律中所宣述之條件，而A或能由一定量之熱，生出較B爲多之功。於是B，因其滿足各步動作能完全迴溯之條件，可以逆向使用，消受外功，傳還任意量之熱與其熱源；其所耗之功與在順向動作時由其熱源取同量之熱所可產生者相等。故若B，經逆向使用，還熱與A之熱源（吾人可假定機器A可以調節以合於B），使確可抵償機器A在某時間內由此熱源所取去者，則耗費之功將較A所產生者爲少。如是以A作順向運動，以B作逆向運動之一串動作，設繼續更迭進行，或同時

進行，將有功不斷產生，而無須由熱源繼續吸熱；且由第一擬律，吾人當知B在逆向運用時由發冷器所取出之熱必較A所放入者為多。現可明瞭機器A當能化費一部分功，使B運行，而全部遂成自動。自全局言之，熱源既不放熱，亦不收熱，無論其為何物，在何溫度，四圍之一切物體與空間，除發冷器外，均可與熱源在同一溫度，並不影響所假定之任何條件。吾人由是將得一自動機器，能由一較四圍溫度獨低之物體中，不斷取熱，變化以成機械效能。但此與公論相牴觸，故吾人可以斷定此種假設，即機器A由熱源中取同量之熱能較B產生更多之機械效能一事，實屬虛妄。故無論何種機器，由某定量熱之供給，其所產生之功，未有較任何滿足可迴溯性之機器，用同樣溫度之熱源與發冷器，所產生者更多，是即吾人所須證明之事。

此項擬律係經噶爾諾最先宣述，為其審定完善熱力機之準繩。渠曾證明反面理論為事實所不容，蓋吾人若不承認此條擬律，即當許可一自動機器，能不藉熱源，無須損耗物質，或其他任何物理要素，產生無限度之機械效能；但其證明根本上須一假定，即在一動作之全循環中，介體所放出之熱與其所吸收者恰等。噶氏本人對此假定為一普攝原理之真實性，甚表懷疑；如在全局動作中，