

萬有文庫

第二集七百種

王雲五編

絕對溫度標

伍爾文著
朱恩隆譯

商務印書館發行

舊

萬有文庫

第二集七百種



商務印書館發行

公用圖書
愛惜使用

絕對溫度標

空軍軍官學校圖書館

登錄號 238

類號 085.12 / 2470

空軍軍官學校圖書館

登記號 T00044

類號 536.5 / 2470

漢譯世界名著

239.7 (27.7)



五
十
年
十
月
十
日

目錄

絕對溫度標 愷爾文著……………一

附

熱之動能 噶爾諾著……………一八

熱力學第二定律 克勞修司著……………二九



335.3
8336

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，稱拉格登爾文伯爵。

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，久經認爲一至關重要之問題，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，驟視之似甚顯明，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爲不可能（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：以下三篇文字係自懷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重要之問題，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。設令水經水輪由高降低，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：吾人所可名爲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爲少。

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之溫度在此標度爲T，物體B之溫度爲（ T_1 ）。其所產生之機械效能，無論T之數值爲何，皆屬相等。故此確可名爲絕對標度，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，但至現在其研究尙未結束。在其研究之第一部中，飽和蒸汽當溫度在 0° 與 30° 。（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，願迄今所發表者

即僅於此；吾人尚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 230° 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 100° 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 230° 止，所須計算之工作，係蒙史梯耳君（*William Steeple*）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。所採用之熱單位為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；機械效能之單位為一米一仟克，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 32° 。間各度所當此新擬標度之溫度（在兩標度上任定 0° 。與 100° 。為二相合之點。）

附註——設吾人將第一表所列前一百項數目相加，得 135.7 ，此為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為熱之單位，而以一米一磅為機械效能之單位，則由一單位熱量自 100° 。降至 0° 。所生之功為 79×135.7 ，或約為 $10,700$ 。此與 $35,100$ 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為水。

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(Mather)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，其中物體之狀態，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，一切物體之狀態，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。

吾人將常假定熱源為一熱體，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，名為發冷器。

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，或盡消失而為熱，無論作用方法，如為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為外力所施之功之熱當量，或所收入之熱為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為二熱力機，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為多之功。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所產生者為少。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，未有較任何滿足可追溯性之機器，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，

有機功產生或經消耗，此之爲僞，可以斷言（如吾所試證於上者）。吾人故當承認噶爾諾之原來證明根本失敗，但不能由此推論其所論定之擬律亦成虛妄。以吾觀之，此項結論誠極真確可靠；吾因之取與噶爾諾證明所由失敗之焦耳原理並用，以爲探討空氣機與蒸汽機，在確定之溫度程限中，由熱所生動能之基礎，並於一年之前獲有結果，在吾現呈皇家學會一文第二部中報告。直至今年歲首，吾方獲得如上之證明，由一公論見此擬律之真實不妄，吾思此當爲衆人所可接受者也。吾未有意欲言爲此敘述者以吾爲第一人，蓋最初以真確原理樹立此條擬律之功績，當完全屬諸克勞修司，渠於去年五月發表熱之動能一文，於其第二部中，說明此項例證。但吾可附述吾所作之證明，確如吾所發現，其時未嘗知有克勞修司宣述或證明此項擬律也。克勞修司證明所依據之公論如下：

世上無有自動機器，能不須任何外物相助，自一物體傳熱與另一溫度較高之物體。

吾人甚易指出此條公論與吾所引用者，雖形式不同，而實互爲因果也。兩種論證所採取之理解法，均與噶氏原法，極端相似。

第三篇（絕對溫度標）

溫度之定義與計溫之通常假定。——如二物體直接接觸，相互間各不放熱，則兩者之溫度稱爲相等；如其中一體放熱與另一體，則放熱體之溫度稱爲較高。

由一組物體經行一全循環完全可以迴溯之熱力動作，其在一處所吸收之熱與在另一處所放出之熱，與此兩處之溫度同比例，但是組物體，當其溫度與此兩處皆不同時，不得吸熱或放熱；或言兩溫度絕對數之比，與一完善熱力機自其熱源所吸收之熱與所放與其發冷器者之比相同，熱源之溫度係此兩者中之較高者，發冷器之溫度係較低者。

溫度單位之規定與定點所當絕對溫度數之考定。——依從牛頓 (Sir Isaac Newton) 之提議，自一特殊物體或數物體之特殊效應，選定兩固定溫度點，兩點之差數可名爲一，或爲便利起見，任名若干單位或若干度。現在所用之特殊規定，係以水在一標準大氣壓力下之凝固點與沸點

溫度之差數爲 110° 度。此兩定點之絕對溫度，可自完善熱力機之熱效率以定之。此機之熱源須在水之沸點，發冷器在水之凝固點。對此問題最適宜之觀測方法，係爲焦耳所提創，渠在一八四四年之工作爲此理論建一基礎，而開後來之實驗研究；在最近兩年中，渠曾與吾根據現著第四部中所擬議之計劃，同作此種觀測。吾等迄今所能獲得之最佳結果爲水之凝固點在絕對標上爲 273.1° 度，故水之沸點爲 373.7° 度。關於新溫度制更詳細之說明，焦耳與吾將於此次閉會之前，連合具文向倫敦皇家學會報告。



附

熱之動能

噶爾諾

沙底噶爾諾 (Nicolas Leonard Sadi Carnot) 於一七九六年六月一日生於巴黎。渠父爲法國革命中之顯著人物，且係一至有天才之數學家。渠曾肄業於高等工藝學校。一八一三年進入軍隊。一八三二年，於工程師隊長任中，患虎列拉疫不起，歿於八月二十四日。

一八二四年噶爾諾發表一文，名熱動能之檢考 (Reflexions Sur la Puissance Motrice du Feu)，在熱力學史中佔基本地位。渠於文中引用循環觀念，證明效率最高之熱機，必具可逆循環一特性，即循環中各步動作，皆可迴溯。渠曾假設熱爲物質，故其證明實不確當，但其基本原理並

未錯誤，嗣得克勞修司 (Clausius) 與悅爾文 (Lord Kelvin) 二氏加以證實。噶爾諾用此原理以作推論，能不借重熱之物質性，故其結論完全精確。該文之英譯本出自馬杰 (W. F. Magie) 手筆，見於哈勃 (Harper) 之科學叢記 (Scientific Memoirs)。後噶氏亦懷疑熱係物質之主張，且已計劃與焦耳 (Joule) 所用相仿之實驗，以作驗證，曾於其記事簿中屢有表明。噶氏記事簿之擇要於一八七八年出版。

蒸汽機發生運動，必有一情事連帶產生，吾人須特別加以注意。此項情事乃係熱質之重歸平衡，即熱質每自溫度較高之物體流入溫度較低者。顧蒸汽機工作之實際情形究何若？火爐中因燃燒作用產生熱質；熱質流經鍋牆，化水為汽，並以某種方式與汽相融合。於是蒸汽乃帶熱質同行，初至機筒，成就某種功效，再至凝汽機與冷水接觸而被凝結。由燃燒所生之熱質遂為凝汽機中之冷水所吸收，故最後結果為冷水變熱。冷水為蒸汽所熱，與直接置諸爐上者同一情形。蒸汽於此僅係傳遞熱質之介體，其所司行之職務與薰熱器皿之蒸汽初無二致，惟蒸汽之運動在此處為有用是不同耳。

吾人於上述動作中，甚易察知熱質之回復平衡，自一較熱物體流入一較涼者。較熱之物體爲火爐中之熱氣；較涼者爲凝汽機中之水。於此二者之間，熱質回復其平衡狀態，雖不完全，至少亦係局部。因一面火爐中熱氣完成其工作以後，自煙囪沖出，其溫度較在爐中燃燒時低出遠甚，而另一方面，凝汽機中之冷水，凝汽以後，離機之溫度較進機時爲高。

由此可見蒸汽機之產生動能，並非由於實際消耗熱質，乃因熱質自一較熱物體傳與一較涼者，換言之，乃因熱質之回復平衡。化學作用（例如燃燒）或其他原因，所以設爲熱質平衡之擾壞者也。吾人將立見此項原理，對於任何熱機，皆能應用。

……

演述至此，吾人自然發生一有趣而重要之問題：熱之動能係不變量乎？抑以所用介體之不同而有別乎？此處所言介體係指選用之中間物，以得熱生力者。

上列問題須假定某熱質量與某溫度差，乃淺顯之言外之意。試舉一例：假設吾人有二物體，可以任意處理，物體 A 之溫度經保持常在 100° ，物體 B 在 0° 。問一定量熱質（例如足溶一仟克之冰

者)自物體A傳至物體B時所能產生之動能量爲幾何。此量係有一定限制，抑隨所用之介體而異乎？水汽之職是務也，較之醇汽，汞汽，永久氣體或其他物質，亦有利鈍之分乎？吾人將自前論所示，試作解答。

吾人前已提明一事，須加注意：凡有溫度差異之處，卽有產生動能之可能。此事頗爲明顯，吾人但一考量體積受熱之變化，卽無不知者矣。反之，凡有動能可用之處，卽可產生溫度差，是卽擾壞熱質之平衡。物體受打擊或摩擦，其溫度自然增加，高出鄰體，於是本已存在之熱質平衡，遂被擾壞。氣質流體之溫度經壓縮而增高，經膨脹而降低，乃係實驗事實。吾人隨時可用此法改變物體之溫度，擾壞其中熱質之平衡，無有不如意者。故蒸汽在蒸汽機內，若經反向運用，亦可視爲擾壞熱質平衡之使者。對於蒸汽熱力所以產生動能之道曾加密切之注意者，必深信此事而無疑。吾人設有二物體，A與B，各被保持於一定溫度，前者高於後者，均能放熱或收熱而不變溫度，其所施行之功效有如二無量大之熱質儲蓄器。吾人將名前者爲發熱器，後者爲發冷器。

如吾人欲自物體A傳一定量之熱至物體B以產生動能，可以下法依次行之：

1. 吾人自物體 A 取出某量熱質以發蒸汽；此在尋常熱機中，猶言物體 B 爲火鍋，或即謂鍋爐鐵板。吾人可設蒸汽之溫度與物體 A 相等。

2. 蒸汽進一封套，套能伸縮，例如機筒之裝有活塞者然，吾人嗣乃增加封套之體積，以故蒸汽亦隨之膨脹。蒸汽因膨脹而稀薄，溫度於是降低，此與各種彈性流體同一性質。蒸汽稀薄之程度，待其溫度與物體 B 相等時，可謂恰到好處；吾人假設弄稀蒸汽之動作至此爲止。

3. 使蒸汽與物體 B 接觸，使其凝結，並於此時施以一定量壓力，待其全部凝結而後已。此處物體 B 所施功效，實如尋常熱機中所灌注之凝汽水，但物體 B 與蒸汽未曾混合，其溫度亦不因凝汽而有所變更，是與凝汽水稍不同耳。吾人頃所敘述之動作可以相反意旨逆行。用物體 B 之熱質以生蒸汽，壓之使由物體 B 以達物體 A 之溫度，再使與物體 A 接觸，加以不變壓力於其上，使其全部復凝爲水。此誠可能之事，何物足阻止之！

在順序動作中，熱質由物體 A 傳與 B，同時產生動能；在逆序中，動能消損，同時熱質由物體 B 復回至 A。但如每次均用等量之水汽，且無熱質與動能之散失，則順序動作所生之動能將與逆序

所消損者相等，且在順序時由 A 傳 B 之熱質量亦將與在逆序時自 B 返 A 者無異。如此，無限次之循環動作可以往復運行，結果並不產生動能，亦不變更二體之熱質。現若有任何方法，能由熱生動，較上所述者收效尤宏，換言之，倘用任何方法，能使熱質產生之動能量，大於上述順序動作所生之量，吾人可分去一部分多出之動能，令餘者行逆序動作，將熱質由物體 B 傳還與 A（或言由發冷器傳還與發熱器），由此將一切事物重返原態，再用此優異之方術，令生動能，再分去，再使一切事物還原，而如是繼續動作不已；吾人於此非僅得見永久運動，且將有動能不絕產生而無須耗損熱質或其他原素。是此無中生有，與吾人現所公認之觀念根本抵觸，違背力學與物理學之堅確定律，絕非可能之事。故吾人可作論斷：由蒸汽所得之最大動能量，亦是由任何他法所可產生之最大量。吾人即將對此斷語作一更嚴正之例證，頃所言者，僅可視為概略而已。

顯論斷中所言最大量究何謂乎？此實為一合理之問題。吾人何由知悉到達最大量？何由知悉使用蒸汽產生動能之功效已至最高可能之限度？

因凡熱質之回復平衡，可用以產生動能，其無動能產生者，必為損失無疑。吾人試稍涉想，即當

瞭然：任何溫度變化，使熱質回復平衡，其非由物體體積之更動者，實屬無用。故所用產生動能之物體之溫度，除隨其體積更動外，須無其他變化；是即產生最大動能之必要條件。反之，無論何時，倘能滿足此項條件，最大量即已達到。

吾人現於前節述明之基本原理，將作第二例證，並將引伸之以成較為廣遍之定理。

氣質流體經猛烈壓縮時，其溫度必升高；經迅速膨脹時，溫度必降低。此乃經驗最悉知之事實，吾人將取之以為例證之基礎。如一氣體之溫度已被增高，而吾人欲使其還原，但不能改變其體積，必得移去相當熱質。此項熱質亦可於其被壓縮時同時移去，而維持其溫度使不變更。同理，使氣體稀疏時，可供給相當熱質，免其溫度降落。如是使用之熱質，未經溫度變化者，吾人將名之為體積變動發生之熱質。此名非謂熱質乃屬於體積；熱質與體積之關係，亦如其與壓力之關係，毫無輕重可分，設名之為壓力變動發生之熱質，固亦相宜。第熱質隨體積變化，究服從何種定律，吾人殊未知悉；其量將視氣體之性質，密度或溫度而有不同，乃至可能之事。此一問題尙未得實驗教示；由實驗中，

吾人僅知彈性流體受壓縮時有熱質產生，量之多寡未明也。

現初步觀念已經闡明，吾人可設想有一彈性流體（以空氣為例），封閉一圓筒 $abcd$ （第一圖）中，筒內有一活動隔膜或活塞 cd 。

再設有二物體 A 與 B，同在恆定之溫度，但

A 之溫度較高於 B，而從事考量下列連貫

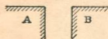
之諸步動作：

1. 物體 A 與封閉筒 $abcd$ 內之空氣

相接觸，此謂與筒壁相接觸，該壁係設為熱質之優良傳導體。由此接觸，空氣之溫度獲與物體 A 相同， cd 為活塞所在之地位。

2. 活塞逐漸升起，空氣膨脹，直至 ef 地位。當膨脹時，空氣與物體 A 時時接觸，其溫度保持不變。保溫所須之熱質由物體 A 供給。

3. 移去物體 A，使筒內空氣與外界絕緣，無有熱質接濟，而活塞則繼續移動自 ef 至 gh 地位。



第一圖

此時空氣變稀，因未吸收熱質，故其溫度降低。吾人假定空氣之溫度降與物體 B 相等時，活塞即停止移動，佔 bc 地位。

4. 將空氣接觸物體 B，並用活塞壓縮之，使自 bc 地位復還 ca 。但空氣之溫度卻能保持不變，因與物體 B 接觸，可放熱質與之也。

5. 移去物體 B，並繼續壓縮空氣；此時空氣與外界絕緣，故其溫度升高。待空氣溫度與物體 A 相等時，乃停止壓縮動作。經此步驟，活塞由 ca 地位移至 da 。

6. 使空氣再與物體 A 接觸。活塞自 da 地位還至 ca ，空氣溫度不變。

7. 重複第 3 步動作，再運用第 4, 5, 6, 3, 4, 5, 6, 3, 4, 5 等步動作，而如是循環往復不已。

在此諸步動作中，筒內空氣施一壓力於活塞上；空氣之彈力，隨其體積與溫度改變。但吾人須

注意一事：如空氣之體積相等，即活塞所在之地位相同，則空氣在膨脹時之溫度較在被壓縮時為高。故在膨脹時，空氣之彈力較大，其所產生之動能遂亦多於在經壓縮時所耗費者。因此吾人得有多餘之動能，可作任何功用。此處空氣之作爲有如熱機，且空氣已經利用至最高限度，因熱質平衡

之恢復未有無用者。

上述之各步動作，可以順序或逆序運行。設吾人方順序做完第6步驟，其時活塞在 α 地位，復將活塞移回至 β ，同時使空氣與物體A相接觸，則在第6步驟中由物體A傳與空氣之熱質，此時復由空氣傳回與物體A，事物之情狀與在第5步動作結束時相同。現如吾人移去物體A，將活塞自 β 地位移至 α ，空氣之溫度將降落與物體B相等，因其所降之度數與在第5步中所升高者無異。如是連貫之逆序動作，吾人自可使其周環運行，祇須將全組事物還原，復回開始狀態，並於每步動作中，遇膨脹時則壓縮，遇壓縮時則膨脹。

初次順序動作之結果，係產生某量動能，並由物體A傳熱質與物體B；逆序之結果為耗損所生之動能，並由物體B將熱質傳回與物體A。故兩組動作，在意義上，相互抵消。

使熱質產生動能，不能較吾人在順序動作中所產生者更多一事，現甚易於證明。此可由與前相似之論據加以辨證。且此論據將較前益形嚴確，因所用產生動能之空氣，於每週動作結束時，完全回復原狀。此項條件，在用蒸汽時，未能充分滿足，吾人當已注意及之。

以上論說，係用空氣爲產生動能之媒介物。願若改用任何他種氣體，此同一推論自亦成立，甚至非用氣體而用任何他物易受脹縮影響而起溫度變化者（此言宇宙間一切物體，至少可言一切能由熱生動之物體，）亦無不成立也。吾人由是樹立一廣遍定理：

熱之動能與所用介體無關；產生動能之後果爲熱質由一溫度較高之物體傳與一較低者；所產生之動能量，由此兩物體之溫度單獨決定之。



熱力學第二定律

克勞修司

愛曼紐耳克勞修司 (Rudolph Julius Emmanuel Clausius) 於一八二二年一月二日生於泡買軟利亞 (Pomerania) 之靠絲令 (Koslin)。曾在柏林大學研習四年，於一八四八年畢業於哈萊 (Halle)。一八五零年任柏林皇家兵工學校之物理學教授。嗣在褚黎西 (Zurich)，魚滯堡 (Würzburg) 與不翁 (Bonn) 任物理學教授。渠自一八六九年以後，在不翁教授物理，直至一八八八年八月二十四日去世。

克勞修司為氣體動力論與熱力學創立人之一。渠與愷爾文於相仿時間各自獨立發表熱力學之第二定律。克勞修司獨用之研究氣與汽，創發熱力學說。

下文係摘錄自一八五零年理化年史 (Annalen der Physik und Chemie) 第七十九卷

第三六八至五零零頁所載一文，名熱之動力，(Ueber die bewegende kraft der Wärme) 馬杰之英譯本，見哈勃之科學叢記。

自初次用熱爲蒸汽機之發動力以來，卽由經驗提示一種理想：某量之功與其產生所須之熱可以當量看待；吾人於理論上且可作一自然之假定，卽某量之熱與其由任何可能方法所生之功有一固定關係，並可用此關係以推論熱之性質與定律。實則此類研考，已有數種著有成效，但吾以爲是項問題並未完盡解決，反甚需要物理學家之熱切注意。此有兩層理由：一因以前結論有深可非駁之處，一因其他結論有甚易闡發而足資以樹立乃至完成熱之理論者，尙完全未經注意，或尙未以適當之言辭表出。

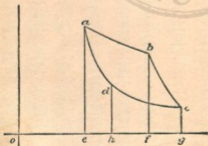
上所提及關於此項問題之探討，以噶爾諾所成就者最爲重要，噶氏觀念嗣經克拉派倫 (Clapeyron) 表以解析形式，法至巧妙。噶氏曾指出：凡用熱作功，而工作介體之情況並不永久改變，必有某量之熱自一較熱物體流向一較涼者。例如在蒸汽機中，蒸汽自鍋爐中發出，在凝汽機中沉結，於是爐柵之熱，經蒸汽傳至凝汽機。渠以是項傳遞乃熱之變化，相當於所作之功者。渠曾明白

解說：在此程序中，無熱之耗損，熱量保持不變；且謂：「此項事實無庸懷疑，是乃未經考究而先予假定，嗣由多種熱之量驗以成立者。若否定之，則將推翻全部熱之理論，因此爲其基礎也。」但吾尙未悉此項情事，即在作功時並無熱之耗損一事，已經實驗充分證明，而吾以爲於另一方面，反可加以較正確之論定，緣是項耗損，雖未經實驗直接證明，已由他種事實指示，非僅爲事理所許有，且具極度之或然率也。倘吾人假定熱量有如物體量，不能減少，則吾人當更假定其不能增加。設果如是，則摩擦生熱一事，幾於全不可解，因此處熱量不得不謂爲增加也。焦耳之精細實驗，用多種不同方法，取機械功以生熱，幾已肯定證明熱量在各種情形下不但可以增加，且所增加之多寡，隨一定則變化，與所耗之功成正比。吾人於此尙須附言一事，即吾人現方查明他種事實，可資維護下一意念。孰非物體而係物體內部最小分子之運動。倘此意念爲正確，吾人於熱之問題當可引用普通機械原理，即運動可變爲工作，且所耗動量 $(\text{VI} \text{ S } \text{ VI} \text{ V})$ 將與所作之功成正比。

此數事實均爲噶爾諾所熟知，且經其明白認爲重要，殆迫吾人不得不稍改假說，方能認可熱功二者之相當性：功之成就，不但須要變換熱之分佈情形，且須實際耗熱，反之，機械功消損，熱可復

行產生。

任何物體變更體積時，通常有機械功產生或消損。但在多種情況之下，不能將其精確測定，因功有兩種，屬於物體之外者曰外功，屬於物體之內者曰內功，兩者常同時發生，外功固易考核，而內功則常難明也。爲欲避免此項困難起見，噶爾諾用一巧妙方法（上文業經提及），使物體經過數步特意安排之連續變化，於最後適能回復原狀。在此情形，設於某步變化中有內功產生，則在他步變化中將有內功消失而適可以抵償，吾人可以確言在全部變化完結後，所存餘之外功卽爲所成全部之功。克拉派倫用圖表明此種變化之程序，至爲明晰。吾人現論永久氣體，卽將沿用其法，惟略事改變，以適應吾人原理之需要。



第一圖

在第一圖中，令橫坐標 o 代表一單位重量之氣體在溫度等於 t 時之體積，令縱坐標 o 代表其壓力。假定氣體儲於一封套中，套能伸縮，但不能與其相互傳熱。現若令此氣體在套中膨脹而不濟之以熱，其溫度必致降落。欲免降落，吾人當在其膨脹時令與一物體 A 接觸，該物體係經保持在一不變溫度 t ，並將傳熱與此氣體，使其溫度恰可不變。一同在 t 。當此氣體在恆定溫度膨脹時，其壓力隨馬略特 (Mariotte) 之定律減小，可以曲線 ab 之縱坐標代表，按此曲線乃直交雙曲線之一段。待氣體體積經此方法增加自 o 至 o' 時，移去物體 A，並令氣體繼續膨脹，不再給熱與之。溫度於是降落，而壓力減小，較前愈速。氣體在此步驟所循之方則，可以曲線 bc 代表之。當其體積由此情形增加自 o' 至 o'' ，其溫度降落自 t 至 t' 時，吾人開始壓縮之，使回原有之體積 o 。設於壓縮之時，吾人對此氣體不加任何約束，聽其自然，其溫度必當重行升高。但吾人不允有此現象，故使之與另一物體 B 相接觸，該物體係在恆定溫度 t' ，氣體乃立將所生之熱傳與物體 B，保持其溫度不變，仍在 t 。當與物體 B 接觸時，吾人壓縮氣體至一適當之量，即 $o'a$ (壓縮量 aa') 使以後一段壓縮， $a'o$ ，無須放熱，恰能增高其溫度自 t' 至 t 。在前段壓縮時，壓力隨馬略特定律增

加，可以雙曲線之一段。P₁P₂代表。在後段時稍不相同，壓力增加較速，可以曲線 P₂A 代表。此線之終點必落 a 上，因其動作結束時，體積與溫度仍回原值，而壓力乃係體積與溫度二者之函數，故亦必回原值。是以氣體之情態復與開始時相同。

現吾人欲考定此數變化所成之功，因上述理由，僅須注意外功方面。在膨脹時，氣體作功，其量可自壓力與相當體積微分之乘積求其積分數而定，故在圖中當以四邊形 abc₁d₁ 與 1'bc₂d₂ 代表。在另一方面，當壓縮時，功被耗去，以四邊形 bc₂d₂1' 與 A'1'bc₁d₁ 代表之。前量之功所超出後者之數，乃全部變化所成功之總數，此以四邊形 abcd 代表。

設上述過程以逆序運行，則所耗之功超出所成之功之數，將仍同前，為 abcd 所代表者。

如前所述，噶爾諾曾作假定：由熱生功，熱經傳遞自一較熱物體至一較涼者，功之當量僅可於是項傳遞中求之，而熱量並未減少。

此一假定之後段，即熱量並未減少一語，與吾人上述原理相牴觸，故必須刪去，方可保存該項

原理。惟其前段則不然，各要點均可保留。吾人於所生之功雖不需要一特別當量，因已假定此乃熱之實際耗損，但熱之如是傳遞與其耗損可以同時實現，仍極可能，且是項傳遞與所生之功亦必有其一定關係。吾人現須考慮是項假定，除僅有可能性外，是否尙具充分之或然率，足資偏袒，因此問題甚關重要也。

在用熱生功之諸般情形之下，如介體在動作開端與結束時情態須相同之條件業經滿足，常有熱自一較熱物體傳與一較涼者。顯若欲於所傳之熱與所生之功二者間成立一種關係，尙須某種限制。因熱之傳遞亦可不生機械功效，如一較熱物體與一較涼者直接接觸，熱經傳導由前者以至後者是也。由在不同溫度， t 與 t' 之二物體間，傳遞某量之熱而欲使成就最大量之功，其方法當如前之所言，進行各步動作，使溫度互異之物體，決不至於接觸。

此最大量之功與所傳遞之熱，乃吾人須加衡較之事。經此衡較，吾人誠有理由可與噶爾諾同樣斷定所生最大量之功僅與所傳遞之熱量及物體 A 與 B 之溫度 t 與 t' 有關，而工作介體之性質無與焉。現言之最大量有一特性，即若用之以生熱，則將有同量之熱自一涼體 B 傳至一熱體 A，

一若其在產生時有熱自A至B。吾人如設想上述全部過程改以逆序運行，自必易於明瞭。例如氣體第一步先自行膨脹迄其溫度自 t 降落至 τ ，嗣與物體B接觸，再行膨脹，於是自行壓縮，迄其溫度復升至 t ，末與物體A接觸，再經壓縮還原。在此情形，壓縮時所耗之功將超過膨脹時所產生者，故由全部動作言之，功被耗損，所損之量恰與前一過程所產生者相等。且於物體B所取之熱量，亦如在前所給與者，而所給與物體A之熱量，亦如在前自其所取得者，由是可知非僅產生之熱量與前所耗損者相等，即在前一過程自A傳遞至B之熱量與現自B所傳至A者亦必相等。

吾人現若假定有二物體，甲與乙，由同等熱量之傳遞，甲體所生之功較乙體為多，是不啻言甲體僅須自A傳遞較少熱量與B而可產生同量之功，吾人當可更迭使用此二物體，用甲於順序過程中以生功，用乙於逆序過程中以生熱。在動作結束時，甲乙兩物體均在其原來情態，且由甲體所生之功將與乙體所耗者恰可抵償，故由吾人上述原理，當知熱量既不增加，亦不減少。僅有之變化將見於熱之分佈情形，因由B傳遞至A之熱量大於由A至B，故結果有熱自B傳達至A。用此兩種過程，更迭進行不已，吾人將可任意傳熱自涼體以達熱體，而無須任何力之作用或其他變化。此

與熱之他種關係不相符合，因熱常有一種傾向，欲均和溫度之差異，常自較熱物體傳至較涼者。故保留噶爾諾假定之第一部，即其假定之主要部分，並用之如一第二原理，與第一原理相輔而行，理論上似無不合；實則此法已由使用之後果，在多種情形下證為確實，吾人即將於後見之。





編主五雲王
庫文有萬
種百七集二第

標度溫對絕

An Absolute Scale of Temperature

究必印翻有所權說

中華民國二十六年三月初版

原 著 者

Lord Kelvin

譯 述 者

朱 恩 隆

發 行 人

王 雲 五
上海河南路

印 刷 所

商 務 印 書 館
上海河南路

發 行 所

商 務 印 書 館
上海及各埠

(本書校對者楊冀成)

◆ E六七九

張

3630088

536.5 / 24110

絕對溫度標

T = 238 T 00044





國家圖書館



004638016



6.3
86

籍