

EVOLUȚIA SCĂRILOR DE TEMPERATURĂ

Ion CERNICA, Sergiu Nicolăescu, Adrian Ciobanu

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Pe baza unei ample documentări, se prezintă un studiu al scărilor internaționale de temperatură. Se arată problemele majore cu care s-a confruntat comunitatea metrologică la definirea scărilor SIT-27, SIPT-48, SIPT-68 și SIT-90..

Cuvinte cheie: temperatură, presiune, scară, punct fix, termometrie.

1. Scara normală de hidrogen

Odată cu dezvoltarea tehnicii și științei s-a simțit nevoia de a se stabili o scară termometrică unică, la care să se raporteze toate măsurările de temperatură din lume [1-3]. Prima tentativă în acest sens a fost făcută încă la 15 octombrie 1887, când CIMG a adoptat *Scara Centigrad a termometrului cu hidrogen drept scară termometrică etalon pentru Serviciul Internațional de Măsurări și Greutăți*. Această decizie a fost ratificată prin Rezoluția Primei reuniuni a CGMG, care a avut loc la Paris în anul 1889. Originea scării normale de hidrogen, cum mai era numită această scară, s-a admis în punctul de topire al gheții la presiunea 133322 Pa, iar valoarea de 100 °C s-a atribuit punctului de fierbere al apei pure la presiunea atmosferică normală. Temperatura în punctele intermediare ale scării s-a determinat în funcție de presiunea hidrogenului la volum constant. Unitatea temperaturii pe scara normală cu hidrogen era foarte apropiată de temperatura scării termodinamice de temperatură, cu toate că ea nu era o scară termodinamică în înțelesul deplin al cuvântului. Termometrul cu hidrogen era un mijloc de măsurare a temperaturii încă imperfect, deși într-o măsură mică, totuși indicațiile lui depindeau de proprietățile fizice ale substanțelor termometrice folosite. Un alt neajuns al acestui termometru a constat în faptul că cu el nu se puteau măsura temperaturi mai mici de -25 °C și mai mari de 100 °C.

Pentru a deveni un termometru veritabil și larg aplicat la etalonarea și controlul periodic al termometrelor uzuale, se impunea, ca necesitate absolută, soluționarea a două probleme, de care era preocupată comunitatea metrologică de atunci [1-3]: depășirea limitărilor termometrului cu hidrogen și stabilirea unei scări termometrice internaționale, care să acopere un domeniu mult mai extins de temperatură.

Eforturile de îmbunătățire a tehnicii de măsurare au continuat după 1887 cu o intensitate și mai mare, astfel că la începutul secolului al XX-lea cu ajutorul termometrelor cu gaz se puteau măsura temperaturi până la 1200 °C. Măsurarea unor temperaturi mai mari de 1200 °C prin termometrie cu gaz era practic imposibilă. Aplicarea termometrelor cu gaz în practică era limitată și de construcția lor complicată și voluminoasă. Probabil că acesta și este motivul pentru care toate scările internaționale de temperatură au fost concepute ca scări practice [1-3].

2. Scara Internațională de Temperatură 1927

Pentru depășirea dificultăților experimentale legate de realizarea practică a scării termodinamice prin termometrie cu gaz și înlocuirea la nivel internațional a scărilor naționale de temperatură, la reuniunea CIMG din 1927 s-a adoptat proiectul *Scării Internaționale de Temperatură 1927, SIT-27* (în engleză, International Temperature Scale, ITS-27), cu titlul de provizoriu, care a fost ratificat prin votul reprezentanților din 31 de state participante la reuniunea a VII-a CGMG, care a avut loc tot în același an [2, 3]. Scara SIT-27 a fost concepută ca o Scară Termodinamică Centigrad, cu care măsurările de temperatură trebuie să fie precise și repetabile și care să aproximeze cât mai bine temperatura termodinamică cu mijloace disponibile la acel moment. După șase ani de muncă creativă asupra proiectului acestei scări, cea de-a VIII-a CGMG adoptă în 1933 hotărârea de introducere definitivă a Scării Internaționale de Temperatură 1927. Această decizie a fost legiferată de majoritatea țărilor dezvoltate.

Scara SIT-27 a fost definită pe baza a șase puncte fixe, a căror poziție pe scara termodinamică fusese determinată cu ajutorul termometrelor cu gaz și a unor mijloace de interpolare sau extrapolare, etalonate la unul sau mai multe puncte fixe. Ca mijloace de interpolare între punctele fixe au fost folosite un termometru cu rezistență din platină pentru intervalul cuprins între -38,81 °C și punctul de solidificare al aluminiului (aproximativ 650 °C), un termometru termoelectric platină/platină-10 % rodium pentru intervalul de la

650 °C până la 1100 °C și un pirometru optic pentru temperaturi peste punctul de topire al aurului (1063 °C), folosind pentru extrapolare legea aproximativă a lui Wien, în care constanta a doua a radiației avuse valoarea $C_2 = 1,432 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$.

Punctele fixe de definiție din scara SIT-27 și valorile corespunzătoare ale temperaturilor sunt prezentate în tabelul 1, în care pentru comparație sunt arătate și punctele similare din celelalte scări care au urmat.

Tabelul 1

Valorile punctelor fixe din scările SIT-27, SIPT-48, SIPT-68 și SIT-90 [2]

Substanța și stări de echilibru termodinamic	SIT-27		SIPT-48		SIPT-68		SIT-90	
	T_{27} , K ^{**}	t_{27} , °C	T_{48} , K ^{**}	t_{48} , °C	T_{68} , K	t_{68} , °C	T_{90} , K	t_{90} , °C
<i>e-H₂ p. t.</i>					13,81	-259,34	13,8033	-259,3467
<i>e-H₂ p. f.</i> ($p = 33330 \text{ Pa}$)					17,042	-256,108		
<i>e-H₂ p. f. n.</i>					20,28	-252,87		
<i>Ne p. t.</i>							24,5561	-248,5939
<i>Ne p. f. n.</i>					27,102	-246,048		
<i>O₂ p. t.</i>					54,361	-218,789	54,3584	-218,7916
<i>Ar p. t.*</i>					83,789	-189,352	83,8058	-189,3442
<i>O₂ p. f. n.</i>	90,18	-182,97	90,18	-182,97	90,188	-182,962		
<i>Hg p. t.</i>							234,3156	-38,8344
<i>H₂O p. to.</i>	273,15	0,000	273,15	0				
<i>H₂O p. t.</i>					273,16	0,01	273,16	0,01
<i>Ga p. to.</i>							302,9146	29,7646
<i>H₂O p. f. n.</i>	373,15	100,000	373,15	100	373,15	100	373,125 ^{***}	99,975 ^{***}
<i>In p. s.</i>							429,7485	156,5985
<i>Sn p. s.*</i>					505,1181	231,9681	505,078	231,928
<i>Zn p. s.</i>					692,73	419,58	692,677	419,527
<i>S p. f. n.</i>	717,75	444,60	717,75	444,6				
<i>Al p. s.</i>							933,473	660,323
<i>Ag p. s.</i>	1233,65	960,5	1233,95	960,8	1235,08	961,93	1234,93	961,78
<i>Au p. s.</i>	1336,15	1063	1336,15	1063	1337,58	1064,43	1337,33	1064,18
<i>Cu p. s.</i>							1357,77	1084,62

Observații: *p. t.* – punct triplu; *p. s.* – punct de solidificare; *p. to.* – punct de topire;

p. f. – punct de fierbere; *p. f. n.* – punct de fierbere la presiune atmosferică normală.

* În SIPT-68 aceste puncte apar ca alternative.

** Valorile T_{27} , K și T_{48} , K nu apar în SIT-27, respectiv SIPT-48, ele fiind calculate cu relația (2.63).

*** Temperatura de fierbere a apei la presiune atmosferică normală a fost inclusă în acest tabel pentru reper față de punctul său triplu.

Între temperatura termodinamică (Kelvin) și temperatura centigrad sau centizimală, cum era numită atunci temperatura Celsius, există relația

$$T = t + 273,15. \quad (1)$$

3. Scara Internațională Practică de Temperatură 1948

Scara Internațională de Temperatură 1927 a fost revizuită la cea de-a IX-a CGMG din 1948. Tot la această reuniune a fost adoptată o nouă scară, denumită *Scara Internațională Practică de Temperatură 1948, SIPT-48* (în engleză, International Practical Temperature Scale, IPTS-48) [2, 3]. Scara SIPT-48 a prezentat un progres față de scara SIT-27, deoarece limita inferioară de măsurare cu termometrul cu rezistență din platină ($-190,00\text{ }^{\circ}\text{C}$) a fost înlocuită cu punctul de fierbere al oxigenului, definit la $-182,97\text{ }^{\circ}\text{C}$, joncțiunea dintre domeniul de măsurare al termometrului cu rezistența din platină și cel al termometrului termoelectric platină/platină-10 % rodium a devenit punctul de solidificare al stibiului ($630,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) în loc de $660\text{ }^{\circ}\text{C}$, punctul de solidificare al aurului a fost înlocuit cu punctul său de topire ($1063,00\text{ }^{\circ}\text{C}$), iar legea radiației a lui Planck a substituit legea lui Wien. S-a decis, de asemenea, să se adopte denumirea de *grad celsius* în loc de *grad centigrad* pentru unitatea de temperatură. Această modificare s-a făcut cu scopul de a se elimina posibila confuzie în limba franceză între două noțiuni absolut diferite, cum sunt „unitatea de temperatură” și „o sutime dintr-un unghi drept”, ambele cunoscute sub aceeași denumire de centigrad. Celălalt motiv al modificării a fost intenția ca toate scările și unitățile de temperatură uzuale să fie numite în cinstea inventatorilor: Celsius, Fahrenheit, Réaumur, Kelvin, Rankine etc. Însă definiția unității temperaturii termodinamice nu a fost modificată, mărimea gradului pe Scara Internațională Practică de Temperatură 1948 rămânând definită pe baza aceluiași interval fundamental de 100 grade cuprins între punctul de topire al gheții ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) și punctul de fierbere al apei ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Scara SIPT-48 a fost perfecționată în anul 1960 prin decizia CIMG. În această scară au fost făcute o serie de amendamente. În locul punctului de topire al gheții a fost admis punctul triplu al apei, căruia i s-a atribuit valoarea $273,16\text{ K}$, respectiv $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura de topire a gheții rămânând în continuare egală cu $0,000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Punctul de solidificare al argintului s-a admis la $960,80\text{ }^{\circ}\text{C}$, punctul de fierbere al sulfului a fost substituit prin punctul de solidificare al zincului, definit la $419,505\text{ }^{\circ}\text{C}$, toate punctele fixe, în afară de punctul triplu al apei, s-au definit la presiunea atmosferică $p = 101325\text{ Pa}$, iar constanta a doua a radiației s-a luat egală cu $C_2 = 1,438 \cdot 10^{-2}\text{ m} \cdot \text{K}$. Unitatea scării termodinamice, gradul kelvin, a fost definită cu fracțiunea $1/273,16$ din intervalul cuprins între punctul triplu al apei și punctul zero absolut.

4. Scara Internațională Practică de Temperatură 1968

Mai târziu, s-a constatat că valorile temperaturii pe scara SIPT-48 se deosebesc semnificativ de temperaturile termodinamice. Un alt dezavantaj pe care îl prezenta această scară era că ea nu acoperea domeniul temperaturilor joase de la 10 K până la 90 K . În anul 1968, CIMG a promulgat *Scara Internațională Practică de Temperatură 1968, SIPT-68*, fiind împuternicit de cea de-a XIII-ea CGMG din 1967–1968 [2-4]. Ea a fost concepută astfel încât temperatura măsurată pe această scară să fie cât mai aproape de temperatura termodinamică, iar diferențele dintre ele să se încadreze în limitele de precizie la acel moment.

Scara SIPT-68 este importantă nu numai prin actualizarea valorilor punctelor fixe, ci și prin extinderea limitei inferioare a scării, de la punctul de fierbere al oxigenului ($90,188\text{ K}$) până la punctul triplu al hidrogenului ($13,81\text{ K}$), precum și prin introducerea a șase puncte fixe noi: punctul triplu al hidrogenului ($13,81\text{ K}$)*, punctul de fierbere al hidrogenului la presiunea $33330,6\text{ Pa}$ ($17,042\text{ K}$), punctul de fierbere al hidrogenului la presiunea normală ($20,28\text{ K}$), punctul de fierbere al neonului la presiunea atmosferică normală ($27,102\text{ K}$), punctul triplu al oxigenului ($54,361\text{ K}$) și punctul de solidificare al staniului ($231,9681\text{ }^{\circ}\text{C}$), care a devenit o alternativă permisă punctului de fierbere al apei; punctul de fierbere al sulfului a fost substituit prin punctul de solidificare al zincului ($419,58\text{ }^{\circ}\text{C}$). La temperaturi joase $0,5 \dots 5,2\text{ K}$ era recomandată utilizarea a două scări de presiune de vapori a heliului. Au fost modificate, de asemenea, valorile punctelor de solidificare ale argintului ($961,93\text{ }^{\circ}\text{C}$) și aurului ($1064,43\text{ }^{\circ}\text{C}$) și de fierbere al oxigenului ($90,188\text{ K}$). Punctul triplu al apei s-a definit exact la $273,16\text{ K}$, respectiv $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, în absența aerului. Diferența dintre punctul triplu al apei și punctul său de îngheț la presiunea atmosferică este

$$T_0 - T = 0,01 \pm 0,0001\text{ K},$$

deoarece $T_0 = 273,16 \text{ K}$, iar $T = 273,15 \pm 0,0001 \text{ K}$.

Prin promulgarea Scării Internaționale Practice de Temperatură 1968, situația incertă, creată prin modificarea definiției unității de temperatură termodinamică, a fost rezolvată: ambele unități – atât de temperatură termodinamică, cât și de temperatură practică – au fost definite prin aceeași definiție, ca fiind egale cu fracțiunea $1/273,16$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei. Unitatea temperaturii termodinamice a fost numită *kelvin*, în loc de *grad kelvin*, și notată prin simbolul K , în loc de $^\circ\text{K}$. Unitatea folosită pentru exprimarea temperaturii Celsius, gradul celsius ($^\circ\text{C}$), este egală cu 1 K . Diferența de temperatură poate fi exprimată în kelvini sau în grade celsius.

O versiune îmbunătățită a scării SIPT-68 a fost adoptată în anul 1975 de reuniunea a XV-ia a CGMG. Ca și în cazul revizuirii din 1960 a SIPT-48, SIPT-68 nu a introdus schimbări numerice ale punctelor fixe alese, ci numai modificări ale textului menite să clarifice și să simplifice utilizarea scării. Totodată, a fost adăugat punctul triplu al argonului ($83,798 \text{ K}$), ca o alternativă la punctul de fierbere al oxigenului.

Odată cu dezvoltarea tehnicii de măsurare a temperaturilor joase s-a simțit nevoia de a completa Scara Internațională Practică de Temperatură 1968 cu o scară pentru temperaturi cuprinse între $0,5 \text{ K}$ și 30 K , numită *Scara Provizorie de Temperatură 1976*, *SPT-76* (în franceză, *Échelle Provisoire de Température*, *EPT-76*). Această completare era o consecință a recunoașterii generale că punctele triple ale substanțelor reprezintă puncte reper mai favorabile decât punctele de fierbere, în principal, datorită faptului că nu implică măsurări de presiune.

5. Scara Internațională de Temperatură 1990

Ultima Scară Internațională de Temperatură a fost adoptată în anul 1989 de CIMG, care ținând seama de Rezoluția a 7-ea a celei de-a XVIII-ea CGMG din 1987 a înlocuit scările SIPT-68 și SPT-76 [2, 3]. Oficial, *Scara Internațională de Temperatură 1990* a intrat în vigoare la 1 ianuarie 1990 și este a cincina scară la număr adoptată de CIMG după SIT-27, SIPT-48, SIPT-68 și a extensiei sale SPT-76 pentru intervalul $0,5...30 \text{ K}$. Ea se utilizează și în prezent.

Scara SIT-90 definește unitatea temperaturii termodinamice, kelvinul, ca fiind egală cu fracțiunea $1/273,16 \text{ K}$ din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei. Această scară mai definește temperatura Kelvin internațională T_{90} și temperatura Celsius internațională t_{90} , între aceste două temperaturi existând relația

$$t_{90} = T_{90} - 273,15. \quad (2)$$

Temperatura termodinamică internațională T_{90} are ca unitate kelvinul (K), iar temperatura Celsius internațională t_{90} gradul celsius ($^\circ\text{C}$), deci aceleași unități ca și temperatura termodinamică T , respectiv temperatura Celsius t . Prin definiție, $1 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$.

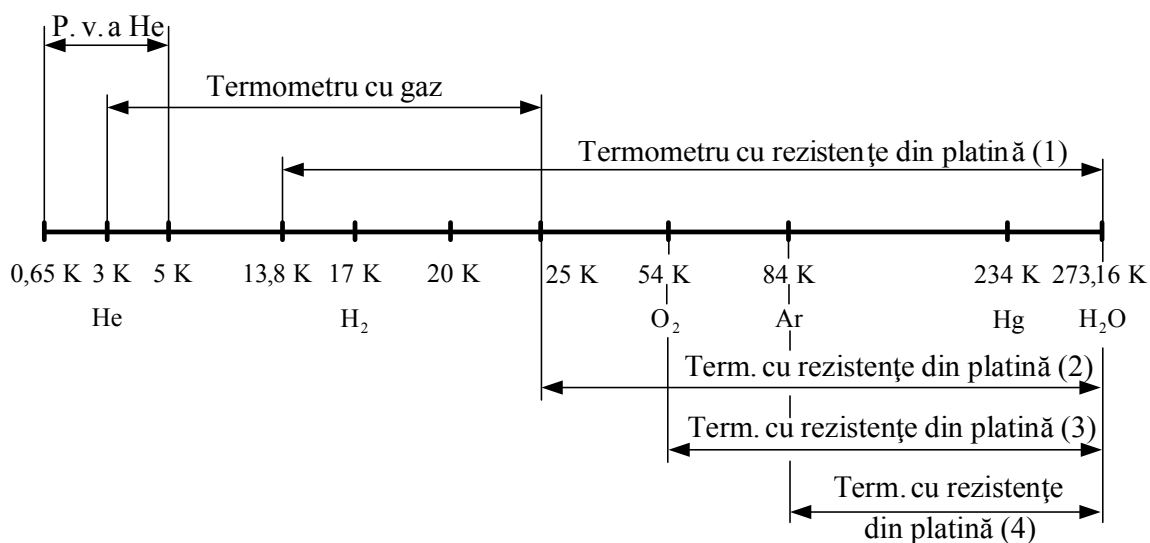
Scara SIT-90, ca și scările precedente, a fost concepută astfel încât pe tot domeniul său și la orice temperatură valorile T_{90} să fie cât mai apropiate de valorile T , potrivit celor mai exacte estimări făcute în momentul adoptării lor.

Scara SIT-90 definește 14 puncte fixe din domeniul temperaturilor cuprinse între $0,65 \text{ K}$ și $1357,77 \text{ K}$. După cum este arătat în figura 1, scara este divizată în patru domenii de temperatură, care se suprapun parțial. Acestea la rândul lor sunt împărțite în mai multe subdomenii. Scara stabilește, totodată, termometrele etalon pentru măsurarea temperaturilor în cele patru domenii menționate: un termometru cu presiune de vapori saturați de heliu, un termometru cu heliu gazos, un termometru cu rezistență de platină standard și un termometru cu radiație.

Din aceeași figură 1, care sintetizează structura scării SIT-90, se mai observă că termometrul cu rezistență din platină poate fi etalonat în întregul domeniu al temperaturilor joase cuprinse între $13,8033 \text{ K}$ și $273,16 \text{ K}$, folosind în acest scop toate cele opt puncte indicate. Pentru o etalonare într-un subdomeniu de temperaturi joase, cum este, de exemplu, subdomeniul cuprins între punctul triplu al argonului ($83,8058 \text{ K}$) și punctul triplu al apei ($273,16 \text{ K}$), sunt necesare doar cele trei puncte triple din acest sub-domeniu, și

anume: punctul triplu al argonului (83,8058 K), punctul triplu al mercurului (234,3156 K) și punctul triplu al apei (273,16 K).

Sub 273,16 K



Peste 0 °C

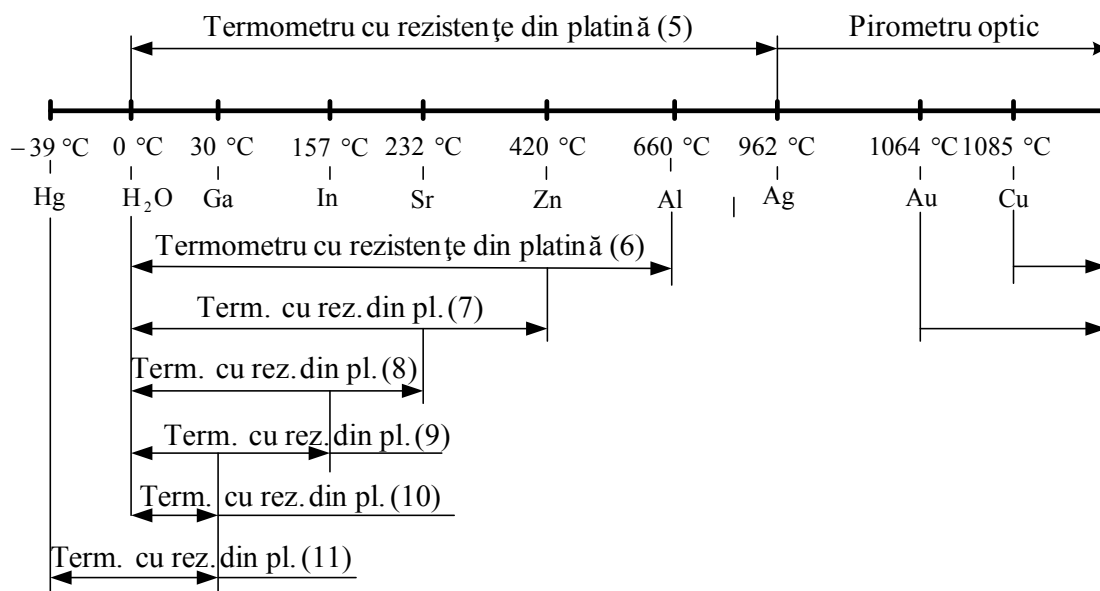


Fig. 1. Structura scării SIT-90.

În mod similar se etalonează mijloacele de măsurare a temperaturilor mai mari de 0 °C .

După cum s-a afirmat mai sus, mijloacele disponibile pentru interpolare au condus la divizarea SIT-90 în patru domenii după cum urmează:

- Domeniul cuprins între 0,65 K și 5,0 K, în care temperatura este obținută cu relația dintre temperatură și presiunea de saturație a izotopilor de ³He (heliu-3) și ⁴He (heliu-4). Punctul critic al

izotopului ^3He este situat la 3,32 K, iar al izotopului ^4He la 5,12 K, astfel că, practic, se pot măsura temperaturi până la 5 K [6]. Termometrul etalon pentru măsurarea temperaturilor cuprinse între 0,65 K și 5 K este termometrul cu presiune de vapori de heliu.

Relația de interpolare a temperaturii termodinamice internațională T_{90} pe curba de saturație a celor doi izotopi are forma [2, 6]

$$T_{90} = \sum_{i=0}^{i=9} A_i \left(\frac{\ln p - B}{C} \right)^i, \quad (3)$$

în care presiunea p se exprimă în Pa, iar valorile coeficienților A_i , B și C se prezintă în tabelul 2.

Tabelul 2

Valorile coeficienților A_i , B și C din relația (3)

Coeficientul A_i , B sau C	^3He 0,65...3,2 K	^4He 1,25...2,1768 K	^4He 2,1768...5,0 K
A_0	1,053377	1,392408	3,146631
A_1	0,980106	0,527153	1,357655
A_2	0,676380	0,166756	0,413923
A_3	0,372602	0,050988	0,091159
A_4	0,151856	0,026514	0,016349
A_5	-0,002263	0,001975	0,001826
A_6	0,006596	-0,017976	-0,004325
A_7	0,088966	0,005409	-0,004973
A_8	-0,004770	0,013259	0,0
A_9	-0,054943	0,0	0,0
B	7,3	5,6	10,3
C	4,3	2,9	1,9

- Domeniul cuprins între 3,0 K și 24,5561 K (punctul triplu al neonului), în care temperatura T_{90} este definită prin intermediul termometrului cu gaz la volum constant, etalonat în trei puncte fixe din domeniu: punctul triplu al neonului, punctul triplu al hidrogenului și un punct cu temperatura cuprinsă între 3...5 K, determinat cu termometrul cu presiune de vapori saturați de ^3He sau ^4He (v. domeniul precedent).

Dacă gazul termometric este izotopul de ^4He , temperatura termodinamică internațională T_{90} este definită cu relația [2]

$$T_{90} = a + bp + cp^2, \quad (4)$$

unde a , b și c sunt coeficienți ai căror valori se obțin prin măsurări realizate în punctele triple ale neonului și hidrogenului și la temperatură cuprinsă între 4,2 K și 5,0 K.

În domeniul cuprins între 3,0 K și punctul triplu al neonului (24,5561 K) temperatura T_{90} este definită cu relația generală [2]

$$T_{90} = \frac{a + bp + cp^2}{1 + B_x(T_{90}) \cdot \frac{N}{V}}, \quad (5)$$

unde p este presiunea în termometrul cu gaz, a , b și c – coeficienți ai căror valori se obțin din măsurări la trei temperaturi de definiție, N – cantitatea de gaz, V – volumul rezervorului, x – o variabilă egală cu 3 sau 4 în funcție de izotopul de heliu utilizat. Valorile coeficientului viral $B_x(T_{90})$ se obțin pe baza unor relații documentate.

- *Domeniul cuprins între 13,8033 K (punctul triplu al hidrogenului) și 1234,93 K (punctul de solidificare al argintului)*, în care temperatura este definită de termometrul cu rezistență din platină standard, etalonat în punctele fixe, și folosind metode de interpolare specifice.

Relațiile de interpolare a temperaturii termodinamice internațională T_{90} utilizează raportul adimensional dintre rezistența măsurată $R(T_{90})$ a termometrului la temperatura T_{90} și rezistența sa $R(273,16 \text{ K})$ în punctul triplu al apei [2],

$$W(T_{90}) = \frac{R(T_{90})}{R(273,16 \text{ K})}. \quad (6)$$

Această definiție a raportului $W(T_{90})$ diferă de definițiile specificate în scările anterioare, în care $W(T)$ era exprimat în funcție de rezistență la temperatura de topire a gheții ($0 \text{ }^\circ\text{C}$ sau $273,15 \text{ K}$ începând cu 1954).

- *Domeniul temperaturilor situate deasupra punctului de solidificare al argintului (1234,93 K)*, în care temperatura termodinamică internațională T_{90} este definită prin trei puncte fixe și legea lui Planck a radiației,

$$\frac{R(\lambda, T_{90})}{R[\lambda, T_{90}(x)]} = \frac{e^{\frac{C_2}{\lambda T_{90}(x)}} - 1}{e^{\frac{C_2}{\lambda T_{90}}} - 1}, \quad (7)$$

în care $T_{90}(x)$ este una din temperaturile de topire/solidificare ale argintului, aurului și cuprului; $R(\lambda, T_{90})$ și $R[\lambda, T_{90}(x)]$ – radiațiile spectrale ale corpului absolut negru pentru lungimea de undă λ la temperaturile T_{90} , respectiv $T_{90}(x)$; C_2 – constanta a doua a radiației, pentru care s-a adoptat valoarea $C_2 = 1,4388 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$. Termometrul etalon pentru măsurarea temperaturilor mai mari de 1234,93 K este pirometrul de radiație monocromatică [5].

Scara SIT-90 a fost extinsă în domeniul temperaturilor joase în anul 2000, când CIMG a adoptat o scară suplimentară pentru temperaturi de la $0,9 \text{ m} \cdot \text{K}$ la 1 K , numită *Scara de Temperatură Joasă Aproximativă 2000, STJA-2000* (în engleză, Provisional Low Temperature Scale 2000, PLTS-2000). STJA-2000 este definită cu relația [2]

$$p = \sum_{i=-3}^{i=9} a_i T_{2000}^i, \quad (8)$$

care stabilește legătura funcțională dintre presiunea de topire a izotopului ^3He , în MPa, și temperatura T_{2000} , în K.

6. Concluzii

În prezent, unitățile fundamentale ale Sistemului Internațional metrul, kelvinul, secunda, amperul, candela și molul se definesc pe baza unor fenomene fizice reproductibile. Definirea acestor unități pe baza unor proprietăți fizice ale materiei nu este însă satisfăcătoare, deoarece pe parcursul folosirii acestuia s-au semnalat modificări imprevizibile în timp și spațiu ale caracteristicilor substanțelor considerate. În cazul unității fundamentale metrul situația este și mai confuză; metrul este unica unitate fundamentală care este încă definită printr-un obiect confecționat dintr-un material degradabil.

Așadar, utilizarea Sistemului Internațional de Unități de-a lungul a mai bine de 50 de ani indică asupra necesității redefinirii tuturor unităților fundamentale. O rezoluție în acest sens a fost adoptată la reuniunea a XXIV-a a CGPM, care a avut loc la Paris în perioada 17-21 octombrie 2011. Pentru prima dată de la crearea sa s-a făcut propunerea ca toate unitățile în SI să se definească pe baza a șase constante fizice fundamentale, considerate invariante în timp și spațiu [8]: frecvența de tranziție între cele două nivele de structură hiperfină ale stării fundamentale a atomului de ^{133}Cs este exact 9123 631 770 Hz, viteza luminii în vid c_0 este exact 299 792 458 m/s, constanta lui Planck $h = 6,626\ 069\ 57(29) \times 10^{-34}$ J·s, sarcina electrică elementară $e = 1,602\ 176\ 565(35) \times 10^{-19}$ C, constanta lui Boltzmann k este exact $1,380\ 6488(13) \times 10^{-23}$ J/K, iar constanta lui Avogadro N_A este exact $6,022\ 141\ 29(27) \times 10^{23}$ mol $^{-1}$ (se atrage atenția că valorile prezentate sunt extrase din ultimele tabele publicate de CODATA și pot diferi ușor de valorile în circulație). Prin urmare, în anul 2015 s-ar putea produce un mare eveniment pentru cunoașterea științifică – crearea unui nou Sistem Internațional de Unități.

Pentru atingerea acestui scop, este necesar, însă, ca constantele fundamentale propuse pentru redefinirea unităților fundamentale ale SI să fie determinate cu o incertitudine sensibil mai mică decât cea cu care sunt determinate ele în prezent, iar aceasta înseamnă noi metode și mijloace tehnice de măsurare.

Bibliografie

1. Gaiță, S. *Contribuții la realizarea etalonului primar al unității de temperatură în domeniul cuprins între punctul triplu al argonului ($-189,3442$ °C) și punctul de solidificare al argintului ($961,78$ °C).* București: Teză de doctorat, 2007.
2. Preston–Thomas, H. *The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90).* Metrologia, 1990, Vol. 27 No. 1, pp. 3-10.
3. Quinn, T. J. *Les origines de la thermométrie et l'évolution des échelles de la température.* Brevin BNM 99, 1995, pp. 9-17.
4. Preston–Thomas, H. *The International Practical Temperature Scale of 1968.* Amended Edition of 1975. Metrologia, 1976, No. 12, pp. 7-17.
5. Asavinei, I., Niculescu C. *Măsurarea temperaturilor înalte: metode pirometrice.* București: Editura Tehnică, 1989.
6. Huang, Y., Chen, G., Arp, V., Radebaugh, R. *Equation of state and thermophysical properties of helium-3.* Prague: Proceedings of the ISEC-21, Vol. CR06-379, pp.1-6.
7. Mareș, J. *On the development of the temperature concept.* Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 60, 2000, pp. 1081-1091.