

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Vladimír Novák

O pokroku pyrometrie

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 30 (1901), No. 3, 161--183

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/122429>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1901

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## O pokroku pyrometrie.

Napsal

Dr. Vladimír Novák,  
docent české university v Praze.

Velmi mnohé zjevy chemické a fyzikální závisly jsou na teplotě. Závislost tato vchází do vztahů mezi jednotlivými veličinami a tak nalézáme ve mnohých vzorcích fyzikálních a chemických teplotu jako veličinu velmi důležitou. Odtud vysvětluje se všestranná snaha měřiti teplotu s přesností co možná největší. Základem takového určení může býti kterákoliv známá a vhodná souvislost teploty a jiné veličiny (resp. jiných veličin). Pokud se jedná o měření relativní, vystačíme s takovým vztahem, jinak nutno vyjádřiti teplotu jednotkou všeobecně uznanou, t. j. ve stupních Celsiových.

Příkladem souvislosti teploty a jiných veličin fyzikálních jsou závislost objemu těles na teplotě, tepelného obsahu na teplotě, odporu galvanického, thermoelektromotorické síly, intensity záření a pod.

Definice teploty odvozena jest ze závislosti tepelného stavu a tlaku vodíka, při stálém objemu. Dva tepelné stavy, teplota tajejícího čistého ledu a teplota vařící se čisté vody při tlaku 76 *cm* Hg, 0° zvoleny za základní.

Stupeň Celsiův definován pak jako stý díl difference teploturní obou základních bodů, úměrné relativní změně tlaku vodíka, která nastala převedením téhož objemu vodíka z tajejícího

ledu do par vařící se vody. Původní tlak vodíka, od něhož se vychází, stanoven na 100 cm Hg, 0° při normalní intenzitě tíže.

Tím se zároveň prohlašuje za teploměr normalný *teploměr vodíkový* zařízený na měření změn tlakových při stálém objemu.

Poněvadž se též někdy užívá teploměrů na stálý tlak, nutno znáti příslušné koeficienty  $\alpha$  a  $\alpha'$  pro vodík ve vztazích

$$p_t = p_0 (1 + \alpha' t), \quad v_t = v_0 (1 + \alpha t).$$

Chappuis\*) uvádí jich hodnoty

$$\alpha' = 0.0036624, \quad \alpha = 0.0036600.$$

Oba koeficienty blíží se v limitě téže hodnotě, zmenšujeme-li tlak postupně k nulle; jest

$$\alpha_{\text{lim}} = 0.0036625, \quad \alpha'_{\text{lim}} = 0.0036624$$

a dle toho absolutní bod nullový

$$- 273.04^\circ \text{C.}^{**})$$

V následujícím pojednání chci o pokroku při měření vysokých teplot. Vysokou teplotou míněna tu teplota vyšší 400° C.

Vysoká teplota neměří se vždy teploměrem vodíkovým, normálním, poněvadž se tento způsob vždycky nehodí. Z rozmanitých těch závislostí teploty a veličiny jiné, kterou lze pohodlně měřiti povstaly četné metody pyrometrické, o kterých v dalším podrobněji bude pojednáno. Všeobecně budiž připomenuto již předem, že všechny tyto metody, při nichž se užívá teploměru normálního, jsou *nepřímé* a že je nutno příslušné závislosti teploty a veličiny měřené znáti na základě srovnání s teploměrem vodíkovým.

Předložený úkol rozdělití lze dle způsobu měření vysokých teplot na tři části. V první pojednáno bude o měření tem-

\*) P. Chappuis ve článku „L'Échelle thermométrique normale et les échelles pratiques pour la mesure des températures“ v „Rapports présentés au Congrès International des Physiques“. Paris 1900, pg. 133.

\*\*\*) Číslo toto udává též Berthelot (Compt. Rend. 128. pg. 498, 1900) jako výsledek měření, jež provedli Chappuis, Amagat, Leduc a Sacerdote.

peratury na základě změny objemu těles, ve druhé o methodách optických a konečně ve třetí o methodách elektrických.

## I.

1. Měření pyrometrická zakládající se na změně objemu těles teplem vyžadují látek vysokou teplotou se neměnicích. Relativní srovnávání vysokých teplot provedl již roku 1782 *Wedgwood* svým pyrometrem. Na desce mosazné upravil dvě mosazné příčky v mírném úhlu se sbíhající a lineárním dělením opatřené. K srovnávání vysokých teplot užíval hliněných válečků as 12 mm v průřezu, které zapadaly mezi příčky na určité místo. Byl-li váleček vložen pak do pece zmenšil svůj objem, tak že mezi příčkami do užšího místa zapadal. Dle pošínutí tohoto místa proti dřívějšímu posuzována teplota pece.

Kovového teploměru k vysokým teplotám užil roku 1750 *Muschenbroek*, slavný fysik holandský. Pohyb roztahující se tyče kovové přenášen tu ozubenými kolečky a rafí na dělenou škálu.

Dle myšlenky, kterou již *Borda* vyslovil, sestrojili *Dulong* a *Petit* kovový pyrometr, který se skládá ze dvou 120 cm dlouhých tyčí, průřezu  $2.5 \times 0.4 \text{ cm}^2$ , jež na jednom konci pevně k sobě jsou přinýtovány; druhé konce zahnuty jsou vzhůru a pak vodorovně, tak že se při roztahování jeden podél druhého mohou posunovati. Na těchto koncích jsou obě tyče dělené a to tak, že dělení na jedné tyči představuje nonius pro dělení tyče druhé. Je-li znám koeficient roztaživosti tyče, pak lze z odečtení na pyrometru posuzovati teplotu.

2. Přířímým měřením dilatace proužku platinového stanoví se vysoká teplota *meldometrem Jollyho*.\*)

Proužek platinový, jehož délka určí se mikrometrickým šroubem, zahřívá se silným proudem elektrickým, jež lze vloženým rheostatem regulovati. Na proužek kladou se malá zrnka kovů nebo látek, jichž bod. tavení má býti stanoven. Pozorování děje se pak drobnohledem.

---

\*) *Jolly*, Rep. Britt. Assoc. 1888, p. 564; Proc. Royal Irish Acad. II. p. 38, 1891.

Četná pozorování bodu tavení a bodů varu *meldometrem* provedli *W. Ramsay* a *N. Eumorfopoulos*.\*) Platinový pásek meldometru byl 10 cm dlouhý a 1 mm široký, ve vzdálenosti 6 cm nalezaly se dvě súženiny, tak aby v prostoru mezi nimi pásek měl tutéž teplotu.

Výhodou tohoto přístroje jest *malé množství* látky, kterého jest k určení bodu tavení potřebí. Malé toto množství může býti připraveno velmi *čistě*. Graduace mikrometrické škály meldometru provedena na základě známých teplot vzduchu okolního (teplota síně),

teploty tajícího dusičnanu draselnatého . 339°  
a teploty tajícího síranu draselnatého . . 1052°.

Poněvadž se některé kovy slévají s platinou (na př. zlato) poprášen při určování bodu tavení těchto kovů proužek platinový talkem.

3. Roztaživosti *kapalin* k měření teplot vysokých užili *Baly* a *Chorley*\*\*.) Místo rtuti, která se v evakuovaných teploměrech vaří již při 300°, naplnili teploměr slitinou sodíku a draslíku, která při — 8° tuhne, při 700° se vaří. Teploměry tyto začínají teprve od 200°, před dělením ustalují se, ponechány byvše ve vysoké teplotě po 30 hodin.

Nad slitinou nalézá se v nich dusík, který při vysokých teplotách dosahuje obyčejného tlaku vzduchu.

U teploměrů skleněných mění se během času poloha obou základních bodů; i když pak teploměr skleněný po delší době jest ustálen, ukazuje se tak zvaná *deprese* bodu mrazu po každém větším zahřátí teploměru. Tyto vady teploměrů skleněných mají svou příčinu v nedokonalé pružnosti skla. Skleněná nádobka teploměru, která teplem objem svůj zvětšila, nestahuje se, byvši ochlazená, na objem původní, nýbrž poněkud méně, tím se ovšem bod mrazu snižuje.

Vadě této hledí se odpomoci v době poslední hotovením teploměrů z křemene.

---

\*) *W. Ramsay* a *N. Eumorfopoulos* „On the Determination of High Temperatures with the Meldometr.“ *Phil. Mag.* 41. pg. 360, 1896.

\*\*\*) *Baly* a *Chorley*, *Bericht. d. d. chem. Gesell.* 27. pg. 470, 1894.

Takový teploměr naplněný cínem, určený k měření vysokých teplot až do 1000° sestrojil *Dufour*. \*) Nedá se však křemene upotřebiti tak, jak by to znamenitá pružnost tohoto materialu doporučovala. Objevil totiž *Villard*,\*\*) že křemen (podobně jako platina) v červeném žáru *propouští vodík*.

4. Základní teploty, z nichž odvozena definice 1° Celsia, totiž temperatura varu vody a tání ledu udávají poměrně velmi úzký intervall teploty a nepostačí k extrapolaci nějaké závislosti na temperature, postupujeme-li k teplotám příliš nízkým nebo vysokým. Proto jest pro pyrometrii velmi důležité znáti stálé stavy tepelné, jako jsou body tavení kovů a body varů některých látek.

Roku 1828 určil *Prinsep* teploměrem vzduchovým, jehož nádoba byla ze zlata, body tavení některých slitin zlata, stříbra a platiny. Upravil potom směsi křemene, vápence, kaolinu a živce tající při stejných temperaturách jako ony slitiny, tak že vzorky těchto směr sestavené dle postupujících bodů tání mohly býti použity k praktickému stanovení vysokých temperatur v peci.

Podobná měření obšírnější a přesnější vykonal r. 1863 *Becquerel* a v letech 1877—79 *Violle*,\*\*\*) jenž stanovil u některých čistých kovů body tání, které se pak všeobecně v tabulkách uváděly.

Jak se asi srovnávají výsledky pozorování různých pozorovatelů, lze snadno přehlédnouti z tabulky následující, kde vedle starších dat připojena jsou měření fysiků doby nejnovější. K vůli úplnosti přidány jsou v tabulku i kovy, které tají při nižší temperature než 400°.

\*) *A. Dufour*, Compt. Rend. 130. pg. 775, 1900.

\*\*) *P. Villard*, Compt. Rend. 130. pg. 1752, 1900.

\*\*\*) *Violle*, Compt. Rend. 85. pg. 543, 1877; 87. pg. 981, 1878; 89. pg. 702, 1879.

Kov	Prinsep	Pouillet	Person	Rudberg	Silbermann a Jacquelin	E. Becque- rel	Violle	Ehrhardt a Schertel	Ledebur	Van der Weyde	Callendar a Griffiths	Holborn a Wien	Heycock a Neville	D. Berthelot	Stansfield
	1828	1836	1848	1848	1853	1863	1879	1879	1881	1879	1891	1892	1895	1898	1898
Cín . . .	—	—	232·7	228·5	236	—	—	—	230	—	231·7	—	231·9	—	232·1
Vizmut .	—	—	266·8	268·3	266	—	—	—	260	—	269·2	—	—	—	268·4
Kadmium	—	—	321	320	—	—	—	—	—	—	320·7	—	—	—	—
Olovo . .	—	—	326·2	326	321	—	—	—	326	—	327·7	—	—	—	325·9
Zinek . .	—	—	415·3	—	—	—	—	—	412	—	417·6	—	419·0	—	418·2
Antimon .	—	—	—	—	630	—	—	—	432?	—	—	—	629·5	—	—
Aluminium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	850	—	—	654·5	—	649·2
Stříbro .	999	1000	—	—	—	960	954	954	960	—	961	971	961	962	961·5
Zlato . .	—	1200	—	—	—	1092	1045	1075	—	1250	1061	1072	1062	1064	1062·7
Měď . . .	—	1100	—	—	—	1157	1054	—	—	1093	1100	1082	—	—	1083·0
Níkl . . .	—	—	—	—	—	—	—	1400	—	1600	—	1484	—	—	—
Palladium	—	—	—	—	—	1370	1500	—	—	—	—	1587	—	—	—
Platina .	—	—	—	—	—	1470	1775	—	—	2200	—	1780	—	—	—
Iridium .	—	—	—	—	—	—	1950	—	—	2200	—	—	—	—	—

5. Větší obtíže způsobovalo určení vysokých bodů varu. Pro graduaci teploměrů elektrických důležitý jsou body varu rtuti, síry, kadmia a zinku.

K vůli přehledu jsou sestaveny nalezené hodnoty bodů varu oněch látek tabelárně:

	Regnault	Bequerel	Deville a Troost	Violle	Crafts	Callendar a Griffiths	Berthelot	Holborn a Day	Chappuis a Harker
	1862	1863	1880	1882	1883	1891	1900	1900	1900
Rtuť . . . . .	357·25	—	—	—	357	356·7	—	—	—
Síra . . . . .	448·38	—	—	—	—	444·53	—	—	445·20
Kadmium . . .	—	746	860	—	—	—	—	—	—
Zinek . . . . .	—	891	1040 920	929·6	—	916	920	910—930	—

Udané body varu platí pro normalný tlak 76 *cm* Hg, 0°. Změna bodu varu způsobená tlakem jest

- u rtuti . 0·075 (*b* — 760) dle Regnaulta,
- u síry . 0·082 (*b* — 760) dle Griffithse,
- u síry . 0·088 (*b* — 760) dle Chappuise a Harkera.

6. Značí-li *M* hmotu tělesa, jehož specifické teplo *S* jest známo a ochladíme-li těleso to z původní vysoké teploty *T* na známou teplotu *t*, jest množství vydaného tepla

$$Q = MS (T - t).$$

Toto množství *Q* lze kalorimetricky ustanoviti, tak že lze pak z hořejší rovnice neznámou vysokou teplotu *T* určit.

Na této myšlence zakládá se kalorimetrické měření vysokých teplot. Podmínkou jest tu znáti specifické teplo *S*. Veličina tato jest však sama na teplotě závislou, tak že nutno závislost tu vzíti v úvahu. Obvykle se užívá koule železné nebo platinové, kterou se vysoká teplota měří.



Dle pokusů Pouilletových jest střední specifické teplo platiny

mezi	kalorif
0 — 100°	0·03350
0 — 500°	0·03434
0 — 700°	0·03602
0 — 1000°	0·03728
0 — 1200°	0·03818.

Kalorimetrické metody k určení vysokých temperatur v *peci elektrické* použil *Moissan*.\*) Poněvadž se při tomto způsobu pyrometrie obyčejně daleko extrapoluje známá závislost specifického tepla na teplotě, nejsou výsledky při teplotách nad 1400° spolehlivé.

Opomenouti nelze zmínku o práci *Fliegnerově*,\*\*) který ukázal, že také specifické teplo *vzdušín* jest závislo na teplotě při teplotách vysokých (nad 2000°).

7. Teploměru vzduchového k stanovení temperatur vysokých užil první *Prinsep* (1829). Uspořádání bylo na stálý objem, teploměrná nádobka byla zlatá, manometrickou kapalinou olivový olej. *Pouillet* a po něm *Regnault* sestrojili vzduchový teploměr s nádobkou platinovou. Tehdy byla ještě neznámou osmosa plynů rozžhavenou platinou, proto jsou výsledky Pouilletovy čísla poněkud velká. *Deville* a *Troost* zavedli teploměrnou nádobku z *polévaného porcelanu*, která se dobře osvědčila i ve vysokých žářech. Nešťastnou náhodou místo vzduchu užili par iodových, jehož hustotu pokládali i při vysokých teplotách za konstantní. *Viktor Meyer*\*\*\*) ukázal však, že se molekula iodu ve vysokých teplotách dissociuje a s tím že souvisí změna v hustotě páry.

Proto jsou hodnoty bodů varu zinku a kadmia, jak je *Deville* a *Troost* původně našli, 1040° a 860° příliš vysoké.

Roku 1863 uveřejnili *Deville* a *Troost* novou řadu pozorování pyrometrických provedených zdokonaleným teploměrem vzduchovým. Poněvadž polévání vnitřního povrchu porcelánové

\*) *Moissan* „Le four électrique“ Paris, 1898.

\*\*) *Fliegner*, *Beib. z. W. Ann.* 23. pg. 964, 1899.

\*\*\*) *V. a C. Meyer*, *Berl. Ber.* 12. pg. 1426, 1879.

nádobky glazurou působilo veliké obtíže, Deville a Troost zhotovili jednak nádobky kulové s trubicí kapillární z jednoho kusu, polévané pouze zevně, jednak sestávala porcelánová část teploměru ze dvou kusů, z nádobky a trubice, které, když byly oboustranně glazurou opatřeny, byly staveny v plamenu třaskavého plynu.

Při teploměru vzduchovém nemá veškerý objem plynu teplotoměrného tutéž temperaturu. Do vysoké temperatury vkládá se pouze hlavní teplotoměrná nádobka, trubička kapillární obsahuje pak plyn teploty nižší. Poněvadž je nesnadno střední temperaturu plynu v kapillaře určití, Deville a Troost hleděli chybu kapillarou vznikající kompenzovati. K teploměru připojili totiž ještě jednu kapillaru, stejného objemu jako kapillara vedoucí k teplotoměrné nádobce. Připojená kapillara nemající nádobky teplotoměrné v těchže poměrech teploturních udávala zároveň chybu, která by opomenutím vlivu kapillary vznikla.

Velmi důležitou úlohou, která se přirozeně zavedením porcelánu jako materialu pro nádobku teplotoměrnou vyskytla, bylo stanovení změn objemu porcelánu s teplotou čili určení jeho koeficientu roztažnosti. Určení toto nelze provéstí s velikou přesností, neboť složitá struktura porcelánu způsobuje, že se nádobka po silném zahřátí k původnímu objemu *nevrátí*. Velikou výhodou jest malá číselná hodnota koeficientu roztaživosti porcelánu proti koeficientu roztaživosti vzduchu. Onen jest dán číslem 0·000017, tento 0·00367.

Pro porcelán berlínský našli *Holborn* a *Wien* číslo ještě menší totiž 0·0000132.

Měření vysokých teplot teplotoměrem vzduchovým učiněno předmětem rozsáhlých prací, které provedeny byly jednak v laboratoři U. S. Geological Survey ve Washingtoně (1882—1887), jednak ve fysikálně technickém říšském ústavu v Charlottenburku od *Holborna*, *Wienu* a *Daye*.

*Holborn* a *Wien*\*) poukázali na některé vady porcelánových nádobek teploměru vzduchového. Glazura porcelánu taje již při

---

\*) *L. Holborn* a *W. Wien* „Ueber die Messung hoher Temperaturen“ *Wied. Ann.* 47. pg. 107, 1892; 56. pg. 360, 1895.

1100° a mění se v páry, tak že vnitřní obsah teploměru se mění. Porcelán sám vydrží teploty vyšší, tak že nádob pouze zevně polévaných dalo se použít až při teplotě 1450°. Při této teplotě nutno však udržovati tlak vnější a vnitřní téměř v rovnováze, neboť nádobka již měkne a většímu tlaku se poddává.

Po mnohých zkouškách vrátili se *Holborn a Day\**) k nádobce kovové, zhotovené ze slitiny platiny a iridia, obsahující 20% iridia.\*\*) Nádobka byla 17 cm dlouhá, 4 cm v průměru a 0.5 mm silná ve stěně. I při zahřátí na 1300° dosaženo úplného vakua. Teploměr naplněn dusíkem. Koefficient roztaživosti nádobky (20% slitiny platin-iridia) určen okrouhle na 0.000025.

Při vzduchovém teploměru užívá se dvojího uspořádání, teploměru při stálém objemu nebo při stálém tlaku. Poněvadž lze udržovati stálý objem snáze než stálý tlak, jest teploměr vzduchový pro stálý objem rozšířenější.

8. Pro teploměr vzduchový při *stálém objemu* zavedme tato označení. Budiž  $b$  tlak plynu při nižší teplotě  $t$  nádobky, při čemž vyčnívající část kapillary z lázně má teplotu  $t'$ , ostatní plyn v prostoru, kde se nalézá index, teplotu  $t''$ .

Podobně budiž  $B$  tlak plynu při teplotě  $T$  (vyšší), při čemž obdobné teploty kapillary a ostatního prostoru jsou  $T'$  a  $T''$ . Objem nádobky jest  $v$ , objem kapillary  $v'$ , objem ostatního prostoru  $v''$ . Teplota v kapillaře jest nižší než  $T$ , teplota v ostatním prostoru velmi blízká teplotě  $T$ . Objemy  $v$ ,  $v'$ ,  $v''$  jsou miněny při teplotě 0°.

Měření teploty dáno jest vztahem

$$b \left\{ \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t} + \frac{v'}{v} \frac{1 + \beta t'}{1 + \alpha t'} + \frac{v''}{v} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t''} \right\}$$

$$= B \left\{ \frac{1 + \beta T}{1 + \alpha T} + \frac{v'}{v} \frac{1 + \beta T'}{1 + \alpha T'} + \frac{v''}{v} \cdot \frac{1}{1 + \alpha T''} \right\},$$

\*) *Holborn a Day* „Ueber das Luftthermometer bei hohen Temperaturen“ Wied. Ann. 68. pg. 817, 1899.

\*\*) Slitiny platiny s iridiem obsahující více iridia než 20% nelze již dobře mechanicky spracovati.

značí-li  $\alpha$  koeficient roztaživosti plynu,  $\beta$  pak kubický koeficient roztaživosti látky, z níž jest nádobka teploměrná.

Aby bylo možná stanoviti vysokou temperaturu  $T$  s určitou přesností na př. jedné tisíciny, nutno určití veličiny  $b$ ,  $B$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\frac{v'}{v}$  a  $\frac{v''}{v}$  s určitou přesností, již lze posouditi z rovnice

$$\partial x = \frac{dx}{dT} \frac{T}{1000} \cdot *)$$

Přibližně platí

$$B = b \frac{1 + \alpha T}{1 + \beta T}$$

a odtud

$$\partial B = b \frac{\alpha - \beta}{(1 + \beta T)^2} \frac{T}{1000} \cdot **)$$

Podobně plyne pro

$$\partial b = -b \frac{(1 + \beta T)(\alpha - \beta)}{1 + \alpha T} \frac{T}{1000}$$

a pro

$$\partial \beta = \frac{\alpha - \beta}{1000 (1 + \alpha T)},$$

\*) Označení  $\partial$  chyby veličin ve vzorcích přicházejících přijato z referátu „*Rapport sur les Progrès de la Pyrométrie*“ od *C. Barusa* (Paris 1900).

\*\*) Výsledky tyto liší se tvarem svým od veličin, které uvádí *C. Barus*, odkud tato úvaha o přesnosti teploměru vzduchového k určení vysokých temperatur vzata. Barus bezpochyby vyšel od rovnice dle  $T$  rozvinuté

$$T = \frac{B - b}{b\alpha - B\beta}$$

a do výsledku  $\frac{\partial B}{\partial T}$  dosazoval pro  $B$  hodnotu přibližnou  $b(1 + \alpha T)$ . Tím obdržel výsledek

$$\partial B = b \frac{\{\alpha - \beta(1 + \alpha T)\}^2}{\alpha - \beta} \frac{T}{1000},$$

který však by byl přešel v hořejší výraz jednodušší, kdyby za  $B$  býval dosazen výraz úplný. Podobně pozměněny jsou formy ostatních veličin  $\partial b$  a  $\partial \beta$ , ačkoliv výsledky číselné souhlasí na žádaný počet decimal úplně. Pro výpočet jsou shora uvedené vzorce však jednodušší než vzorce Barusovy.

$$\partial \left( \frac{v'}{v} \right) = \frac{1 + \alpha \frac{T}{2}}{1 + \beta \frac{T}{2}} \frac{1}{1000(1 + \alpha T)} *$$

$$\partial \left( \frac{v''}{v} \right) = \frac{1 + \alpha T''}{(1 + \alpha T) 1000}$$

V následující tabulce počítány jsou pro určitý případ jak absolutní chyby veličin  $B$ ,  $b$ ,  $\beta$ ,  $\frac{v'}{v}$ ,  $\frac{v''}{v}$ , tak také jich chyby relativné. Čísla platí pro teploměr Barusův. Jsou to:

$$\begin{aligned} v &= 300 \text{ cm}^3 & b &= 16 \text{ cm} \\ v' &= 0.116 \text{ cm}^3 & \alpha &= 0.00367 & T'' &= 20. \\ v'' &= 1.27 \text{ cm}^3 & \beta &= 0.000017 \end{aligned}$$

T	$\partial B$	$\partial b$	$\partial b \cdot 10^6$	$\partial \left( \frac{v'}{v} \right) \cdot 10^6$	$\partial \left( \frac{v''}{v} \right) \cdot 10^6$	$\frac{\partial \beta}{\beta}$	$\partial \left( \frac{v'}{v} \right)$	$\partial \left( \frac{v''}{v} \right)$
	cm	cm					$\frac{v'}{v}$	$\frac{v''}{v}$
100	0.006	-0.004	2.67	860	780	0.157	2.2	0.184
500	0.029	-0.010	1.29	680	380	0.076	1.7	0.089
1000	0.057	-0.013	0.78	610	230	0.046	1.6	0.054
1500	0.083	-0.014	0.56	580	170	0.033	1.5	0.039

Tabulka tato ukazuje velmi poučně, jak přesně třeba znáti konstanty teploměru vzduchového a jak bedlivě měření prováděti, aby se docílilo žádané přesnosti ve výsledku pro  $T$  totiž 1 : 1000. Při měření tlaku  $B$  nutno nádobku teploměrnou zvolna zahřívati, tak aby plyn kapillarou se pohybující a s rostoucí teplotou stále většímu tření podlehající, byl všude téhož tlaku. Difference tlaková nesmí při vysokých teplotách dosáhnouti 0.08 cm.

\*) Poslední dva vzorce souhlasí s výrazy Barusovými.

Ze sloupce třetího hořejší tabulky vychází, že při každém měření nutno určití  $b$  před zahřátím i po něm, neboť chyba při této veličině obnášející pouze 0·01 *cm* má již vliv na tisícinu  $T$ .

Poněvadž koeficient  $\beta$  sám sebou jest velmi malý, stačí určití jej s přesností 3% úplně. Dle toho soudě, byl by porcelán látkou pro pyrometrii velmi výhodnou; ukazuje se však, že nové nádoby po zahřátí na vysokou temperaturu *nevracejí* se k původnímu objemu, nýbrž že nádobka poněkud zvětšenou zůstává.

Toto zvětšení není nepatrné a opakuje se při obnoveném zahřátí. Byla tak pozorována při šesti po sobě následujících zahřátích vždy změna *půl druhého* procenta v objemu.

Dle sloupců pro relativní chyby poměrů  $\frac{v'}{v}$  a  $\frac{v''}{v}$  jest patrné, že  $v'$  lze vždy určití s dostatečnou přesností, naproti tomu vliv  $\frac{v''}{v}$  roste při stoupající teplotě, tak že nutno stanoviti poměr tento s přesností 4 procent.

Jakkoli již nepadno jest splniti požadavky hořejší ze skutečného příkladu teploměru vzduchového počítané, aby se dosáhlo přesnosti  $\frac{1}{1000}$  při určení vysoké teploty, mnohé závažnější vady a zdroje chyb nad to se obyčejně vyskytují.

Tak nelze na př. s jistotou tvrditi, že teplota uvnitř nádoby porcelánové, která jest velmi nedokonalým vodičem tepla, jest táž jako v prostoru pece nebo lázně, t. j. teplota hledaná, i když pak by se té podmínky dosáhlo, nebude teplota uvnitř nádoby všude stálou. Mimo to vystoupí při vysokém žáru vodní páry a jiné plyny v porcelánu absorbované do vnitřní nádoby, je-li pak uvnitř polévaná, taví se glazura její již málo nad 1000, není-li polévaná, mohou některé plyny z okolí vnějšího (plyny z pece při spalování vyvinuté) osmosou projíti do prostoru vnitřního. Při vysokých teplotách měkne porcelán a podléhá pak rozdílu tlakovému — toť jen ve stručnosti ukázka všech těch nesnází a překážek, která s dostatek ukazuje nejen jak nepadno jest měřiti vysoké teploty s přesností jedné tisíciny, ale také vysvětluje nesouhlas v určení bodů tavení a pod.

9. Aby bylo lze rozhodnouti, zda-li teploměr vzduchový zařízený na stálý objem nebo teploměr na stálý tlak lépe se hodí pro určování temperatur vysokých, propočítejme dřívější příklad též pro teploměr pro stálý tlak.

Budiž zase jako dříve  $v$  objem nádoby (porcelánové) [při teplotě  $0^\circ$ ]  $v'$  objem části kapilární trubice, mající jinou teplotu než okolí,  $v_1$  značíž pak změnu objemu, která se pozoruje při přechodu od teploty  $t$  na  $T$ .

Značí-li  $T_1$  teplotu plynu v kapilláře, resp. v manometrické trubici, platí všeobecný, přesný vzorec:

$$b \left\{ v \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t} + v' \frac{1 + \beta t'}{1 + \alpha t'} + w \frac{1 + \beta t''}{1 + \alpha t''} \right\} \\ = B \left\{ v \frac{1 + \beta T}{1 + \alpha T} + v' \frac{1 + \beta T_1}{1 + \alpha T_1} + w' \frac{1 + \beta T_1}{1 + \alpha T_1} \right\},$$

ze kteréhož plynou přibližné vztahy:

$$v_1 \frac{1 + \beta T_1}{1 + \alpha T_1} = v \frac{1 + \beta T}{1 + \alpha T} - v \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t}, \\ \frac{B}{b} \frac{1 + \beta T}{1 + \alpha T} = \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t} - \frac{B}{b} \frac{v_1}{v} \frac{1 + \beta T_1}{1 + \alpha T_1}.$$

Zavedeme-li pro zjednodušení

$$f(t) = \frac{1 + \beta t}{1 + \alpha t} \quad \text{a} \quad M = f(t) - f(T_1) \frac{v_1}{v}, *$$

pak, má-li být  $T$  naměřeno s přesností jedné tisícin, platí pro ostatní veličiny tyto podmínky \*\*)

$$\partial M = - \frac{\alpha}{1000} \frac{T}{(1 + \alpha T)^2}, \\ \partial t = - \frac{(1 + \alpha t)^2}{\alpha} \partial M, \quad \partial T_1 = \frac{v}{v_1} \frac{(1 + \alpha T_1)^2}{\alpha},$$

\*) Dle *Barus* l. c. Výsledky zde uvedené shodují se úplně s výrazy nalezenými *Barusem*; v posledním pouze vzorec ve francouzském překladu jest nedopatřením ve jmenovateli činitele  $f(t)$  uveden dvakrát.

\*\*\*) Ve výsledcích vynechány jsou veličiny proti ostatním malé, tedy na př.  $\beta$  proti  $\alpha$ ,  $t$  oproti  $T$  a pod.

$$\begin{aligned} \partial \left( \frac{v_1}{v} \right) &= - \frac{1}{f(T_1)} \partial M, & \partial v &= \frac{v^2}{f(T_1)} \frac{\partial M}{v_1}, \\ \partial \left( \frac{v'}{v} \right) &= \frac{\alpha}{1000 [f(T') - f(t')] (1 + T)^2} = \frac{T}{f(T') - f(t')} \partial M, \\ \partial \beta &= \frac{\alpha}{1000} \frac{1}{1 + \alpha T}, \\ \partial \left( \frac{B}{b_0} \right) &= \frac{\alpha T}{1000} \frac{[f(t) - \frac{B}{b_0} \frac{v_1}{v} f(T_1)]^2}{f(t)^2} = \frac{\alpha T f(t)}{1000} \left[ 1 - \frac{v_1}{v} \frac{f(T_1)}{f(t)} \right]^2. \end{aligned}$$

Prvých pět vzorců odvozeno jest přímo z rovnice pro pomocnou veličinu M, ostatní z rovnice všeobecné, přiměřeně zjednodušené po provedené diferenciaci. Výsledky číselné platící pro teploměr Barusův podává tabulka následující:

T	$\partial M \cdot 10^6$	$\partial t$	$\partial T_1$	$\partial v_1$	$\partial v'$	$\partial \beta \cdot 10^6$	$\partial B$
100	— 197	0 <sup>0</sup> 06	— 0 <sup>0</sup> 29	cm <sup>3</sup> 0·059	cm <sup>3</sup> — 0·632	2·7	cm <sup>3</sup> 0·016
500	— 228	0·07	— 0·12	0·069	— 0·155	1·3	0·019
1000	— 168	0·05	— 0·07	0·051	— 0·081	0·8	0·014
1500	— 130	0·04	— 0·05	0·039	— 0·055	0·6	0·011

T	$v_1$	$\partial v$	$\frac{\partial \beta}{\beta}$	$\partial \left( \frac{v_1}{v} \right) \cdot 10^6$	$\partial \left( \frac{v'}{v} \right) \cdot 10^3$	$\frac{\partial M}{M} \cdot 10^6$	$\partial \left( \frac{B}{b_0} \right) \cdot 10^6$
0	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>					
100	59·9	— 0·276	0·17	211	— 2·25	— 268	211
500	173·9	— 0·111	0·08	245	— 0·56	— 647	245
1000	215·3	— 0·066	0·05	180	— 0·29	— 786	183
1500	233·6	— 0·047	0·04	140	— 0·20	— 846	141



Jak patrně z uvedených čísel pro  $\partial t$  a  $\partial v$  záleží přesnost měření vysokých temperatur vzduchovým teploměrem při stálém tlaku hlavně na přesném určení objemu teploměrné nádoby  $v$  a na stanovení nižší teploty  $t$ . Objem má být stanoven alespoň na  $0.05 \text{ cm}^3$ , počáteční teplota asi na  $0.05^\circ$ . To jsou požadavky dosti nesnadno splnitelné.

K tomu přistupují podmínky neméně závažné, měření  $v_1$ , změny objemu na  $0.05 \text{ cm}^3$ , měření  $T_1$  teploty v trubici manometrické na  $0.1^\circ$  a stanovení tlaku na  $0.01 \text{ cm}$  přesně!

Na určení objemu kapillary  $v'$  dle hořejší tabulky mnoho nezáleží, ve skutečnosti však, poněvadž objemy  $v$  a  $v'$  souvisejí a  $v$  má být stanoveno *velmi přesně*, nutno prováděti korekci vzhledem k objemu kapillary. Metoda kompenzační, o které dříve stala se zmínka, se tu odporučuje.

Ačkoli metoda, při níž se užívá teploměru vzduchového při stálém objemu jest rozšířenější, ukazuje srovnání obou způsobů v příkladech předvedených, že metoda druhá, při níž se zařizuje teploměr na stálý tlak, jest výhodnější.

Hlavním důvodem jest tu právě ona *rovnost tlaků* při vysokých teplotách, tak že nádobka teploměrná zachová spíše svou formu než-li při tlaku nestejném, při metodě rovného objemu.

Vedle toho představuje teploměr při stálém tlaku velmi přesný *volumometr*, tak že lze přesně jím stanoviti objemu teploměrné nádoby, koeficient roztažnosti nádoby a všechny změny objemu nádoby, které po případě po zahřátí na vysokou teplotu trvale se ukáží.

10. K přibližnému ale velmi rychlému určení vysokých teplot navrhl zajímavou metodu *Regnault* \*). Metoda tato založena jest v zatlačení zahřátého vzduchu (neb jiného plynu) z nádoby teploměrné jiným plynem do trubice kalibrované. K měření vysokých teplot použili metody *Regnaultovy Crafts* a *Meyer*. \*\*) Známý přístroj *V. Meyera* k určení hustoty par byl tak modifikován, že použito bylo jeho nádoby (do níž se při určování hustoty par spouští daná látka) jako nádoby

\*) *Regnault*, Ann. de Chim. et Phys. 63. pg. 39, 1861.

\*\*) *J. M. Crafts Fr. Meyer*, Compt. Rend. 90. p. 606, 1881.

teploměrné. Vzduch zahřátý na temperaturu, již bylo určiti, vypuzen byl pak jiným plynem, který se dal snadno absorbovati na př. chlorovodíkem nebo kyslíčnickem uhličitým, do trubice kalibrované, kde objem jeho při obyčejné teplotě určen. Teploměrná nádobka byla z ohnivzdorné hlíny s vnější i vnitřní stěnou z platinového plechu a opatřená dvěma trubicemi postranními, ku vypouštění plynu a vytlačování vzduchu.

11. Jiný způsob měření vysokých temperatur jest tak zvaná *transpirační pyrometrie*. Zakládá se na závislosti vnitřního tření vzdušín (viskositě) na teplotě.

Značí-li  $\eta_0$  a  $\eta$  koeficienty vnitřního tření při teplotě  $0^\circ$  a  $T$  platí dle *Barusa*\*) pro dvojjatomový dokonalý plyn jaký jest vodík relace

$$\eta = \eta_0 (1 + \alpha T)^{\frac{2}{3}}.$$

Proudí-li kapillarou délky  $L$  kruhového řezu o poloměru  $R$  plyn, tak že na koncích kapillary jsou tlaky  $P$  a  $p$ , pak jest dle *D. E. Meyera* objem  $V$  plynu při tlaku za čas  $t$  kapillarou prošedšího vyjádřen vzorcem

$$V = \frac{\pi t}{16\eta} \frac{P^2 - p^2}{p} \frac{R^4}{L} \left(1 + 4 \frac{\zeta}{R}\right).$$

Při tom značí  $\eta$  koeficient vnitřního tření a  $\zeta$  koeficient tření o stěny.

Ze spojení obou udaných vztahů vyplývá způsob měření vysokých temperatur.

Výhodou této metody jest poměrně velmi malý „teploměr“, to jest příslušná kapillara platinová, která se na vysokou teplotu zahřívá. Metodu zdokonalil *Callendar*\*\*\*) upraviv ji způsobem differenciálním. Hlavní vada transpirační pyrometrie záleží v tom, že hořejší vzorec není docela přesným vyjádřením závislosti viskosity na teplotě a že měření záleží na rozměrech teploměru.

\*) *C. Barus* „Die Zähigkeit der Gase bei hohen Temperaturen“. *W. Ann.* 36. p. 358, 1889.

\*\*) *Callendar*, *Nature.* 49. p. 494, 1899.

12. Posléze v odstavci tomto budiž uvedena metoda, kterou se ustanovuje vysoká temperatura v absolutní míře *libellou tlakovou*. Přístroj tento, kterým lze měřiti velmi nepatrné rozdíly tlakové ( $2 \cdot 10^{-8}$  atmosféry a méně) sestrojil A. Töpler\*); jest to trubička skleněná, mírně zahnutá a horizontálně postavená na podstavci s mikrometrickým šroubem, tak aby v ní umístěný sloupeček kapaliny (xyلولu) nalezal se uprostřed. Oba konce trubičky spojeny jsou trubicemi s válci, které jsou v prostorech o temperaturách  $t$  a  $T$ . Pokud jsou temperature  $t$  a  $T$  sobě rovny, jsou tlaky plynu trubice vyplňujícího na obou stranách tytéž a lze libellu tlakovou tak zaříditi (mikrometrickým šroubem), aby nitkový kříž mikroskopu kryl se právě s povrchem kapaliny v libelle. Zvýší-li se temperatura  $T$  nad  $t$  pak se změní tlaky plynu v trubicích a sloupeček kapaliny v libelle se pošine. Toto pošinutí lze kompenzovati otočením šroubu mikrometrického, z něhož lze dále posouditi rozdíl  $T$  a  $t$ . Töpler upravil spojení trubic teploměrných s tlakovou libellou takovým způsobem, aby bylo možno pomocí kohoutů přeměnití spojení konců libelly s tlakovými trubicemi, tak že rozdíl tlakový určoval se na libelle oboustraně jako veličina dvojnásobná.\*\*)

Přednosti tlakové libelly záleží jednak v tom, že nerozhoduje při měření tlaku kubický koeficient nádoby tlakové, nýbrž pouze lineární, že tedy nezáleží na podobě a objemu nádoby, a že není při tlakové libelle škodlivého prostoru, jakým jsou kapilary při teploměrech vzduchových a pod.

## II. *Methody optické.*

13. Ke starší metodě optické pyrometrie, již navrhl *Le Chatelier*\*\*\*) a jež se zakládala na měření intensity záření roz-taveného tělesa, přibyla v poslední době velmi zajímavá metoda

\*) A. Töpler „Ueber absolute Temperaturbestimmung mittels Messung barometrischer Druckdifferenzen“. W. Ann. 56. pg. 609. 1895 viz též: M. Töpler „Zur Gas- und Dampfdichtbestimmung mittels der Drucklibelle“. W. Ann. 57. pg. 311, 1896.

\*\*) Zařízení toto podobá se užití kommutatoru při galvanometrech nebo otočení celé libelly o  $180^\circ$ .

\*\*\*) Viz V. Strouhal „O pokroku v oboru pyrometrie za posledních pět let“. Věstník česk. akad. 1894, pg. 281.

*interferenční*, kterou zavedl *D. Berthelot*.\*) Zakládá se na myšlence následující. Hustotu plynu lze zmenšiti dvojnásobem, buďto zahřátím nebo zmenšením tlaku. Je-li v obou případech změna hustoty stejně veliká jest index lomu týž. Pokusy potvrdily tento závěr až k teplotě 200° přímo; ukázalo se však, že lze větu hořejší předpokládati i při teplotách vysokých, neboť na základě své myšlenky Berthelot změřil řadu bodů tavení kovů a našel tak čísla s výsledky jiných autorů velmi dobře se shodující.\*\*)

Při metodě Berthelotově užívá se interferenčního refraktometru. Jedna část paprsků prochází trubicí naplněnou plynem a zařízenou pro zahřívání, druhá část paprsků (z téhož zdroje vycházejících) jde druhou trubicí rovnoběžnou, v níž lze plyn zřediti.

Zahřátím plynu v první trubicí nastane změna v indexu lomu, která se ukáže interferenčními proužky v poli refraktometru; zředit-li se plyn v druhé trubicí, dosáhneme snadno téhož indexu lomu, to jest proužky v poli refraktometru zmizí. Ze zmenšení tlakového v trubicí druhé lze pak počítati teploturu v trubicí první.

Metoda Berthelotova vyniká nad teploměrem vzduchovým, kterého se obyčejně užívá k tomu, aby se graduoval jiný stroj vhodnější pro měření stálých vysokých teplot (bodů tavení, varu) *přímým pozorováním* těchto vysokých teplot. Na formě ani na velikosti teploměrné nádoby tu nezáleží a v tom je jiná důležitá přednost metody interferenční.

14. Jiná optická metoda, prakticky dosud neprovedená, zakládá se na závislosti optické *točivosti křemene* na teplotě. Závislost optické točivosti křemene na vysokých teplotách studoval *Joubert*\*\*\*) Točivost desky křemenné kolmo k ose sbroušené a 46·172 mm tlusté byla při

temp. = — 20°, 0°, 100°, 350°, 448°, 840°, 1500°  
997·3, 1000, 1014·9, 1063·8, 1083·4, 1166·2, 1173·7.

\*) *D. Berthelot*, *Compt. Rend.* 1895, 1898.

\*\*) Viz tabulku na str. 166.

\*\*\*) *Joubert*, *Compt. Rend.* 87. p. 497, 1878.

Mimo křemen *Mallard* a *Le Chatelier*\*) podrobili podobnému zkoumání barytu a diathenu a našli, že lze závislost cirkulární polarisace křemene na teplotě jedinou formou vyjádřit pouze do určité teploty (570°), nad kterou nutno oné závislosti udělit jiný tvar. U barytu s rostoucí teplotou dvojlomu ubývá; celkem jeví se celá závislost tak složitou, že jí nelze dosti pohodlně použít k praktickému stanovení vysokých teplot.

### III. *Methody elektrické.*

Elektrické metody pyrometrické jsou dvě; při první měří se teplota měřením odporu platinového drátu, při druhé určuje se teplota z elektromotorické síly článku termoelektrického.

15. Závislost odporu kovových vodičů na teplotě studovali *Müller* (1858), *Benoit* (1873), *Schleiermacher* (1885) a jiní. K praktickému měření vysokých teplot použil této závislosti první *Siemens*\*\* (1871). K prvním pyrometrům použito drátů platinových, měděných a železných, kalibrace provedena kalorimetricky. O zdokonalení teploměru platinového\*\*\*) veliké zásluhy má *Callendar* a *Griffiths*,†) kteří srovnali udání tohoto teploměru s teploměrem vzduchovým až do 600°.

Teploměr platinový vyniká velikou citlivostí, která souvisí s velkou onou přesností, se kterou lze stanovit galvanický odpor, resp. jeho změny. Pro měření teplot až do 1000° hodí se znamenitě, při teplotách vyšších nejsou udání jeho spolehlivá, neboť nelze dostatečně platinový drátek teploměrný izolovat. Platinovým teploměrem *Callendar* a *Griffiths*††) určili bod varu vody (viz pg. 167.) který se dosti značně liší od výsledku měření *Regnaultova*; nejnovější stanovení této veličiny, jež

\*) *Mallard* a *Le Chatelier*, Ann. de Chim. et de Phys. 6. pg. 90, 1895.

\*\*\*) *Siemens*, Proc. Roy. Soc. London 19. pg. 443, 1871.

\*\*\*) O elektrickém teploměru viz referát v tomto časopise r. XXV. pg. 204, 1896.

†) *Callendar*, Phil. Trans. London, 1887. Phil. Mag. 32. pg. 104, 1891, tamže 47. pg. 191, 1899.

††) *Callendar* a *Griffiths*, Phil. Trans. London, 1891.

provedli *Chappuis* a *Harker* hodnotu nalezenou teploměrem platinovým potvrdilo.

*Callendar* přijal původně mezi teplotou a odporem platinového teploměru vztah lineární, tak že teplota určena vzorcem

$$p_t = 100 \frac{R_t - R_0}{R_{100} - R_0},$$

kde  $R_0$ ,  $R_{100}$  a  $R_t$  značí odpory při teplotách  $0^\circ$ ,  $100^\circ$  a  $t^\circ$ . Teplota  $p_t$  nesouhlasila úplně se stupni Celsiovými, tak že bylo potřeba připojit korekci  $D$  určenou výrazem

$$D = t - p_t = \alpha \left( \frac{t}{100} - 1 \right) \frac{t}{100},$$

kde  $\alpha$  značí konstantu. K určení této konstanty bylo potřeba třetího měření, při němž by teplota byla známa. To se stalo změřením odporu v páře vroucí síry.

*Dickson*\*) navrhol zvláště pro teploty velmi nízké jinou formuli mezi  $R$  (odporem) a  $t$  (teplotou) a to

$$(R + a)^2 = p(t + b),$$

kde  $a$ ,  $p$  a  $b$  značí veličiny stálé; ale *Callendar*\*\*\*) ukázal, že není tato formule jednodušší, aniž snad přesnější a pro praktické užívání teploměru platinového výhodnější.

*E. B. H. Wade*\*\*\*) pozměnil poněkud měření odporové při teploměru tlakovém a to tak, že měřící odpor záležel ze dvou vedle sebe spojených rheostatů, jichž úhrnný odpor udržován stálým, tím že kolíček z jednoho rheostatu vyňatý zastrčen byl do příslušného otvoru na rheostatu druhém. Součet odporů obou rheostatů byl tak volen, že udání jednoho rheostatu shodovalo se i číselně s příslušnou teplotou. Tak teplota beze všech počtů a redukci přímo odečítána.

16. Thermoelektrické metody k stanovení vysokých temp. první užil *Pouillet* (1836). Jeho thermoelektrický článek skládal se z platiny a železa, což bylo příčinou, že se metoda neujala,

\*) *Dickson*, *Phil. Mag.* 44. pg. 445, 1897.

\*\*\*) *Callendar*, *Phil. Mag.* 47. pg. 191, 1899.

\*\*\*) *E. B. H. Wade*, *Proc. Camb. Soc.* 9. pg. 526, 1898.

neboť nebyla té doby známa anomalie, která nastává při železe v tmavočerveném žáru, kterou teprve našel a vysvětlil *Tait* r. 1872.

Myšlenky znovu se ujal *Becquerel* (r. 1863), jenž srovnával články z platiny a palladia s jinými články platinu obsahující. Četný rozdíl a nesouhlas zaviněn byl nečistotou užitých kovů, tak že důležitým bylo oddělení jiných kovů od prodejné platiny, zvláště iridia a rhodia, které provedli *Deville* a *Debray*.\*) *Tait* použil k metodě termoelektrické článku z platiny a ze slitiny platiny a iridia, podobně *Knott* a *Mac Gregor*,\*\*) kteří sestavili články ze slitin různě bohatých iridiem. Nejvýše bylo možná vytvořiti slitinu obsahující 20% iridia, slitiny s větším obsahem iridia nedaly se dobře mechanicky spracovati.

*Le Chatelier*\*\*\*) navrhl článek z platiny a ze slitiny platiny a rhodia. Článek tento srovnali s teploměrem vzduchovým *Holborn* a *Wien* r. 1892.

Podrobné zkoumání vhodnosti článků termoelektrických z platiny a slitin platiny sestavených pro účely pyrometrické provedeno bylo v letech 1882 až 1887 ve Washingtonských laboratořích U. S. Geological Survey. Článek platina-platiniridium srovnáván s teploměrem vzduchovým až k teplotě 1100°. Závislost elektromotorické síly na teplotě ukázala se býti velmi pravidelnou, citlivost jeho o něco málo vyšší v žáru jasně červeném než při žáru tmavém. Zároveň se ukázalo, že termoelektrická mohutnost článku termoelektrického se nemění po zahřátí na vysoké teploty i když se místo spojené poněkud poruší vlivem žáru a poloroztopených látek místo to obalujících.

*Le Chatelier*ův článek z platiny-platinrhodia zavedl do Anglie *Roberts-Austen*†) upraviv jej tak, že lze fotograficky zaznamenávati vysoké teploty při tavení kovů a pod.

\*) *Deville* a *Debray*, *Compt Rend.* 81. pg. 839, 1875.

\*\*\*) *Knott* a *Mac Gregor*, *Trans. Roy. Soc. Edinb.* 28. pg. 321, 1876.

\*\*\*\*) *Le Chatelier*, *Journ. de Physique* 6. pg. 23, 1887, viz též *Le Chatelier* a *Boudouard* „*Mesure des températures élevées*“. Paris 1900.

†) Viz *Alfred Stansfield* „*On some Improvements in the Roberts-Austen Recording Pyrometr, with Notes on Thermo-Electric Pyrometry.*“ *Phil. Mag.* 46. pg. 59, 1898.

K měření vysokých temperatur hodí se thermoelektrické články: platina-palladium, platina-platiniridium a platina-platinrhodium. Prvého článku nelze užiti při temperaturách zvláště vysokých, z ostatních dvou nelze dáti jednomu nebo druhému přednost. Starší článek platina-platiniridium jest citlivější vzhledem ku druhému a to v poměru 100 : 76, \*) článek platina-platinrhodium vydrží snad ještě vyšší žár než předešlý. Jinak jsou obě slitiny ohebné, vysokým žárům velmi dobře vzdorují a jich vlastnosti thermoelektrické se nemění.

Bylo zkoušeno na 50 jiných slitin platiny, ale žádná se tak neosvědčila jako dvě zmíněné.

Uvažme vedle těchto výtečných vlastností jmenovaných slitin všechny výhody měření elektromotorické síly článku thermoelektrického proti měření odporu vůbec. Při článku thermoelektrickém nezáleží tolik na izolaci jeho, jako při teploměru platinovém. Nezáleží dále na připojovacích drátech, které vedou k vlastnímu článku, aniž také na rozměrech a tvaru článku.

Na článek thermoelektrický mají plyny v peci se vyvinující jen nepatrný vliv; měření provádí se velmi rychle jediným odečtením, při metodě nullové odstraňují se snadno zároveň všechny vlivy cizí. Souvislost měřené veličiny s temperaturou jest velmi jednoduchá a citlivost metody jest v různých teplotných výštech téměř stálá.

Všecky tyto okolnosti činí článek thermoelektrický v té dvojí formě platina-platiniridium a platina-platinrhodium velice vhodným pro měření temperatur vysokých.

17. Přehlížejíce tyto pokroky, jež zaznamenává v pyrometrii doba moderní, můžeme konstatovati úspěch neobyčejný.

V Německu v říšském fysikálně-technickém ústavu zdokonalili vzduchový teploměr pro účely pyrometrické *Holborn, Wien a Day*; v Anglii *Callendar, Griffiths* a jiní ukázali, kterak lze s výhodou užiti teploměru platinového k přesnému určení temperatur až do 1000°, ve Francii prakticky řešena pyrometrie jednak *Le Chatelierem*, jednak *Dan. Berthelotem*, jehož optické metody lze použiti i při nejvyšších temperaturách.

---

\*) Viz *Barus, Mag. Phil. 34. pg. 376, 1892.*