

Pirometria (Techniczne mierzenie wysokich temperatur).

Przez J. J. Boguskiego.

(Ciąg dalszy do str. 445 w Nr 37).

13) Niektórzy autorowie utrzymują, że siarka i brom są w bardzo niskich temperaturach o wiele jaśniejsze, aniżeli w zwykłych (20° C.). Co się tyczy siarki powyżej 100° C., to zmiana jej barwy, w zależności od temperatury, w granicach od 112° C. do 445° C. jest bardzo znaczna i ogólnie znana, zmienia się ona od kanarkowo-żółtej do brunatno-czerwonej, prawie czarnej, a chociaż poniżej 112° C. wyjaśnianie się barwy siarki jest mniej wyraźne, pomimo to niektórzy autorowie chętnie uogólniają przytoczone powyżej zjawiska w twierdzeniu, że im niższa jest temperatura (i poniżej 100° C.), tem jaśniejsza jest barwa ciała.

14) Chociaż wraz ze zmianą temperatury, jak to zaznaczyłem wyżej, wszystkie bez wyjątku własności ciała ulegają zmianie, nie mniej przeto najłatwiejszą do oceniania i najpodatniejszą do mierzenia jest objętość, która w gruncie rzeczy jest odwrotnością gęstości. Nic więc dziwnego, że te właśnie zmiany objętości ciała na skutek ogrzewania posłużyły około r. 1600 do zbudowania pierwszych ciepłowskazów, zwanych niesłusznie termometrami, czyli ciepłomierzami.

Praktycznie rozwiązano zadanie z chwilą, w której przekonano się, że temperatura topniejącego lodu jest stała, równie jak i temperatura wody wrzącej pod stałym ciśnieniem (760 mm słupa rtęci) (patrz § 6). Otrzymano więc w ten sposób dwa stałe niezmiennie stany cieplne; dwie stałe temperatury, którym oczywiście muszą odpowiadać dwie stałe objętości jednego i tegoż samego ciała: większa odpowiada zazwyczaj (choć nie bez wyjątków) wyższej, a mniejsza niższej temperaturze.

Jeżeli przyrost objętości w przytoczonych granicach temperatury podzielimy na dowolną liczbę równych działek, to otrzymamy skalę temperatur, opartą na rozszerzalności, czyli, co na jedno wychodzi, na zmianach gęstości. Skala taka jest oczywiście tylko termoskopową, to jest może służyć jedynie do oceny różnicy temperatur dwóch ciał i podstaw *mierzenia* temperatury jeszcze w sobie nie zawiera.

Muszę tu zauważyć, że w ten sposób utworzona skala ma działki, zależne nie tylko od liczby ich, umieszczonych między punktami wrzenia wody i jej krzepnięcia, ale także zależne i od rodzaju ciała, użytego do zbudowania termometru, czyli od tak zwanego ciała termoskopowego. Zupełnie dobrze i zasadnie zrobione termometry z rozmaitych ciał, jak np. z powietrza w szkle, z alkoholu w szkle, lub z rtęci w szkle — nie zgadzają się ze sobą, podobnie, jak nie zgadzają się ze sobą dwa termometry rtęciowe, lecz zrobione z rozmaitych gatunków szkła. Zgodności oczywiście być nie może, gdyż każde ciało ciekłe lub stałe rozszerza się wskutek ogrzewania inaczej, w jemu tylko właściwy sposób. Wyjątek pozorny od tego stanowią wszystkie gazy, które w przybliżeniu rozszerzają się wskutek ogrzewania jednako. Ale tylko w przybliżeniu.

15) Zastanówmy się teraz, w jaki sposób należy działkować przyrosty objętości jakiegoś ciała, które uznaliśmy za normalne ciało termoskopowe. Możemy to robić rozmaicie. Możemy np. całkowity przyrost objętości normalnego ciała termoskopowego (gazu, alkoholu, rtęci) podzielić na n części równych i założyć, że $\frac{1}{n}$ całego przyrostu objętości odpowiada pewnemu stałemu przyrostowi temperatury, zwane-
mu stopniem.

Taką zasadę działkowania termoskopu, możemy wyrazić analitycznie przez równanie

$$dt = c dv \quad (1),$$

w którym t oznacza temperaturę, v — objętość, a c jest ilością stałą. Działkowanie, na tem założeniu oparte, zwać będziemy działkowaniem Galileusza, albo skalą Galileusza, czcząc w tej nazwie pierwszego wynalazcę termoskopu.

W równaniu tem wymiary stałej c zależą od wymiarów, jakie nadamy temperaturze. Kwestyę tę na teraz pomijamy. Założmy natomiast, że:

$$c = \frac{a}{v_0} \quad (2),$$

gdzie v_0 jest pewną oznaczoną objętością, odpowiadającą określonej temperaturze t_0 (topniejącego lodu), zaś a nową stałą o wymiarach temperatury. Podstawiając otrzymamy:

$$dt = \frac{a}{v_0} dv \quad (3),$$

czyli całkując w odpowiednich granicach:

$$t - t_0 = \frac{a}{v_0} (v - v_0) \quad (4).$$

A więc dość jest ustalić dwie temperatury t_1 i t_0 , aby móc wyznaczyć a :

$$a = \frac{v_0}{v_1 - v_0} (t_1 - t_0) \quad (5),$$

a wtedy ze znanej objętości ciała v znajdziemy jego temperaturę t :

$$t = t_0 + \frac{v - v_0}{v_1 - v_0} (t_1 - t_0) \quad (6),$$

Przyjawszy temperaturę za czystą liczbę o wymiarze 0, możemy uprościć skalę Galileusza. Założywszy $t_1 = 1$ i $t_0 = 0$, otrzymamy:

$$v = v_0 (1 + at) \quad (7),$$

$$t = \frac{v - v_0}{av_0} \quad (8),$$

gdzie oczywiście:

$$a = \frac{1}{a} = \frac{v_1 - v_0}{v_0} \quad (9).$$

Ponieważ objętość może się zmieniać tylko od 0 do ∞ , przeto temperatura według skali Galileusza może się zmieniać od $-a$ do $+\infty$ (na zasadzie równania 8) ¹⁾.

16) Wychodząc ze zjawisk rozszerzania się ciał od ciepła, możemy jednak zbudować skalę termometryczną zupełnie odmienną od Galileuszowskiej. Idąc za Daltonem ²⁾, założmy, że przyrosty temperatur są proporcjonalne nie do bezwzględnych, lecz do względnych przyrostów objętości, czyli:

$$dt = b \frac{dv}{v} \quad (10).$$

Zakładając, że objętości v_1 i v_0 odpowiadają temperaturom $t_1 = 1$ i $t_0 = 0$, mamy:

$$\frac{t}{b} = \log \left(\frac{v}{v_0} \right) \quad (11),$$

$$e^{\frac{t}{b}} = \frac{v}{v_0} \quad (12),$$

$$\frac{v_1}{v_0} = e^{\frac{1}{b}} \quad (13),$$

¹⁾ Według Wł. Natanson: „Wstęp do fizyki teoretycznej”. Warszawa.

²⁾ Loco citato.

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^t \quad (14),$$

$$t = \frac{\log v - \log v_0}{\log v_1 - \log v_0} \quad (15).$$

Wreszcie, zamiast wzoru (7), mamy:

$$v = v_0 (1 + \alpha)^t \quad (16),$$

w którym α ma takie same znaczenie, jak we wzorze (9).

Z wzoru 14 widzimy, że skala Daltona rozciąga się z obu stron, dolnej i górnej, do nieskończoności.

17) Skala Daltona nie pozyskała prawa obywatelstwa, chociaż przemawia za nią pozornie następujące rozumowanie:

Załóżmy, że temperaturom t_0, t_1, t_2 odpowiadają objętości v_0, v_1, v_2 i że szukamy kształtu funkcji, określającej związek pomiędzy v i t .

Oznaczmy $t_1 - t_0 = \tau_0$, oraz $t_2 - t_1 = \tau_1$. Możemy oczywiście napisać:

$$v_1 = v_0 f(\tau_0) \quad (17),$$

$$v_2 = v_1 f(\tau_1) = v_0 f(\tau_0) f(\tau_1) \quad (18).$$

Wzór 18 wykazuje, że funkcja, określająca zależność pomiędzy objętością i temperaturą, musi mieć tę własność, że funkcja sumy zmiennych musi być równa iloczynowi funkcji tychże zmiennych. Własność ta przysługuje tylko funkcji wykładniczej, co by przemawiało za słusznością skali Daltona. Należy tu zauważyć, że wyprowadzenie wzoru (18) opiera się jedynie na 2-ch założeniach, a mianowicie po pierwsze, że objętość v_2 przy temperaturze t_2 jest taka sama, czyśmy ciało doprowadzili do temperatury t_2 , poczynając od początkowej temperatury t_1 , czy też od jakiegokolwiek bądź innej t_0 . Założenie to jest oczywiście słuszne. Drugim założeniem jest przypuszczenie, że prawa rozszerzalności ciała są takie same w granicach temperatur od t_0 do t_1 , jak i w granicach od t_1 do t_2 , to jest że kształt funkcji $f(\tau)$ jest dla wszelkich temperatur jednakowy. Otóż to założenie jest niedowiedzione, aczkolwiek bardzo prawdopodobne dla niezbyt obszernych granic temperatury. Dla dużych zmian jest niewątpliwie fałszywe, i w tem tkwi przyczyna, dla której stale pomijano tak prosty wzór na rozszerzalność, jak wzór (16) Daltonowski o jednym tylko stałym współczynniku ¹⁾.

18) Bez względu na to, jakabyśmy przyjęli zasadę do oceny temperatur, czy Galileuszowską, czy też Daltonowską, łatwo jest zrozumieć, że jej charakter i przebieg musi zależeć od rodzaju ciała, obranego za ciało termoskopowe, a nawet od gatunku szkła, z którego zrobiony jest termometr. Wiadomości historyczne, podane w początkowych ustępach, uwiaryściły, jak kolejnie w termometrach zastępowano powietrze przez wodę, wodę przez spirytus, ten ostatni zaś ostatecznie przez rtęć.

Projektowano mnóstwo innych ciał na termometry, ze względu na dostojność projektodawcy, wspomnę tu jedynie olej lniany, proponowany przez sir Izaaka Newtona na ciecz termometryczną. Projekt ten, jak i inne, nie ostał się wcale.

Lecz musimy tu zaznaczyć, że dokładne poznanie prawa Boyle'a i udoskonalenie barometrów zwróciło termometrię do jej pierwotnego, Galileuszowskiego ciała termometrycznego, t. j. do powietrza, a w następstwie do wodoru, wogóle do gazów. Dokładne stwierdzenie ścisłości prawa Boyle'a w szczupłych granicach zmian ciśnienia z jednej strony, z drugiej zaś możność dokładnej oceny ciśnienia, dały nam w ręce możność zupełnie dokładnej oceny, jaka część przyrostu objętości gazu jest wynikiem zmiany ciśnienia, a jaką wywołało podniesienie temperatury. Stosunkowo olbrzymia rozszerzalność gazów uczyniła termometr gazowy przyrządem czułym, a mała względnie rozszerzalność naczyń termometrycznych, bądź to szklanych, bądź to porcelanowych, bądź to platynowych, sprawiła, że błędy, z różnorodności naczyń pochodzące, stały się istotnie bardzo nikłymi. Udoskonalili się więc wzorcowy termometr powietrzny (gazowy). Przyrost objętości gazu, w granicach od 0° C. do 100° C., dzielimy na 100 części równych w myśl zasady Ga-

lileuszowskiej i przyrost temperatury, wywołujący takie rozszerzenie, zowiemy jednym stopniem termometru stustopniowego, albo jednym stopniem Celsyusza.

W tej formie jednak przyrząd jest tylko termoskopem, nie zaś termometrem w ścisłym znaczeniu. Można nim mierzyć różnice temperatur, lecz nie można mierzyć wcale temperatury. Do tego, w tem wszystkim, cośmy powiedzieli, brak nam jeszcze zasady, pozwalającej na mierzenie temperatury.

19) Zróbmy teraz fałszywe założenie, że powietrze, lub wreszcie jakikolwiek gaz rzeczywisty jest gazem doskonałym, to jest takim gazem, w którym przy ogrzewaniu nie występują wcale zjawiska dysocjacji lub jakiegokolwiek bądź inne chemiczne, lecz w którym ciepło, ogrzewające gaz, idzie całkowicie na powiększenie energii kinetycznej cząstek gazu. Jeżeli taki gaz będziemy ogrzewali w naczyniu o stałej objętości, to ciśnienie gazu, równe, jak wiadomo, w gazie doskonałym $\frac{2}{3}$ siły żywej jego cząstek, będzie wzrastało proporcjonalnie do jego energii kinetycznej (siły żywej). Możemy zjawisko to przyjąć za podstawę do ustalenia zasad mierzenia temperatury i, zamiast oceniać temperaturę z przyrostów objętości, oceniamy ją z przyrostów ciśnienia gazu.

Skoro gazowi odejmiemy wszystko ciepło, wtedy prędkość postępowego ruchu jego cząstek stanie się równa zeru, wtedy i jego ciśnienie stanie się równe zeru. Dalej, oczywiście, w ochładzaniu iść nie można, bo ani prędkości ani ciśnienia, mniejszych od zera, pomyśleć nie można; słusznie więc temperaturę, odpowiadającą minimum ciśnienia, t. j. ciśnieniu zero, musimy uważać za minimum temperatury. To minimum temperatury zowiemy *zerem bezwzględnem* albo *absolutnem* na skali gazowej. Inaczej temperaturą bezwzględnego zera na skali gazowej (patrz §§ 27 i 28).

20) Wyznamy teraz położenie tego bezwzględnego zera na skali Celsyusza. Wiemy, że energia kinetyczna gazu, $p v$, gdzie p oznacza ciśnienie a v objętość, wyraża się na zasadzie praw Boyle'a i Charlesa wzorem:

$$p v = p_0 v_0 (1 + \frac{t}{273}) \quad (19),$$

w którym p_0 i v_0 oznaczają odpowiednio ciśnienie i objętość gazu przy temperaturze 0° Celsyusza, zaś t — temperaturę w stopniach Celsyusza. Oczywiście, że dla danej masy danego gazu iloczyn $p_0 v_0$ jest ilością stałą, a więc:

$$p v = R (1 + \frac{t}{273}) \quad (20),$$

gdzie R jest ilością stałą. Aby więc energia kinetyczna gazu stała się równa zeru, trzeba koniecznie, aby

$$(1 + \frac{t}{273}) = 0,$$

t. j. aby

$$t = -273^\circ \text{ C.}$$

Widzimy więc, że temperaturą bezwzględnego zimna czyli absolutnem zerem na skali gazowej, jest temperatura o 273 stopnie Celsyuszowe niższa od temperatury topnienia lodu, czyli od 0° C.

Jeżeli teraz, zachowując wielkość stopni Celsyuszowych, przeniesiemy tylko punkt zera o 273 stopnie poniżej zera Celsyusza, to otrzymamy tak zwaną bezwzględną skalę temperatur, a temperatury, wedle tej skali znaczone, zwać będziemy temperaturami bezwzględne, albo absolutne.

Jeżeli przez θ oznaczymy temperaturę bezwzględną, a przez t tę samą temperaturę na skali Celsyusza, to oczywiście mamy zależności

$$\theta = t + 273 \quad \text{oraz} \quad t = \theta - 273. \quad (21),$$

pozwalające na zamianę stopni Celsyusza na absolutne i na odwrot.

21) Rozumowania w §§ 19 i 20 nie są naukowo ścisłe. Tkwią w nich dwa poważne, zasadnicze błędy. Po pierwsze: nie masz gazu doskonałego, i każdy gaz rozszerza się inaczej, a chociaż różnice w rozszerzalności gazów są praktycznie bardzo małe, to teoretycznie są one pierwszorzędne. Nie chodzi bowiem o to, czy nieścisłość rozumowania jest duża, czy mała, ale o to, czy zasada jest słuszna, czy nie. Po drugie: prawa rozszerzalności gazów przy bardzo niskich temperaturach nie są nam jeszcze dokładnie znane, a ekstra polowanie wzoru (19) aż do temperatury bezwzględnego zera, pomimo piękne prace prof. A. Witkowskiego, nie jest jeszcze doświadczalnie uzasadnione.

¹⁾ Z polskich uczonych przedmiot ten opracowywał przed laty dr. Ludwik Birkenmeyer.

Wobec tego widzimy, że skala termometryczna gazowa nie jest ściśle naukowa. Wielkość jej stopni zależy od rodzaju gazu użytego, a wskutek tego i położenie zera bezwzględnego zależy także od rodzaju gazu.

Wszak gdyby nie nadzwyczajna zawilżość zjawisk, jakie w ciałach wywołują zmiany temperatury, to formalnie, w celu wyszukania absolutnego zera, moglibyśmy się oprzeć poprostu na równaniu (8) w § 15, wedle którego — α jest dolnym kresem temperatury, a więc niejako absolutnem zerem. Nie możemy jednak tak czynić, gdyż po pierwsze: α dla każdego ciała jest inne i po drugie, faktycznej rozszerzalności ciał stałych i ciekłych wcale nie można wyrazić wzorem (1) z tegoż § 15.

Z gazami sprawa przedstawia się nieco inaczej. Wszystkie gazy rozszerzają się z wielkiem przybliżeniem jednakowo, a nadto wzór (1) z § 15 przedstawia istotnie z wielkiem przybliżeniem ich rozszerzalności. Nie więc dziwnego, że większość praktyków zaakceptowała powyżej podane określenie absolutnego zera. Wszakże zapominać nie należy, że tak określone zero absolutne (-273°C.) jest odwrotnością współczynnika rozszerzalności gazu, wziętą ze znakiem odjemnym, a ponieważ ten współczynnik nie jest dla wszystkich gazów ściśle jednakowy, więc też i pojęcie zera absolutnego nie daje się w ten sposób z całą ścisłością ustalić.

(C. d. n.)

Historia rozwoju przemysłu bawełnianego w Królestwie Polskiem.

Opracował Adam Trojanowski, inż.

(Ciąg dalszy do str. 433 w № 36 r. b.).

Sprzyjające warunki dla rozwoju przemysłu bawełnianego w kraju naszym zachęciły Hermana Dietricha Lindheima z Ullersdorfu do założenia w Żarkach w r. 1850 przedsiębiorstwa bawełny o 5000 wrzecion (w budynkach byłej fabryki wyrobów żelaznych Piotra Steinkellera), a Karola Scheiblera, dyrektora Schlösserowskiej przedsiębiorstwa bawełny w Ozorkowie, do założenia w Łodzi przy Wodnym Rynku w r. 1854 fabryki wyrobów bawełnianych o 18 000 wrzecion przedsiębiorstwa i 100 pierwszych w kraju krosnach samotkackich, która stała się początkiem dziś istniejących zakładów Towarzystwa Akcyjnego Wyrobów bawełnianych Karola Scheiblera, o kapitale zakładowym 9 000 000 rub., liczących się do największych nie tylko w Królestwie Polskiem i Cesarstwie, lecz i na całym kontynencie europejskim.

Przedsiębiorstwo zarecka po śmierci Lindheima przeszła w r. 1866 na własność Karola Scheiblera, a następnie Towarzystwa Akcyjnego tegoż imienia.

Olbrzymi rozwój zakładów Scheiblerowskich uwidocznił nam tablica IV, zawierająca dane statystyczne, dotyczące ce liczby wrzecion przedsiębiorstw i nitkowniczych oraz krosien tkackich, czynnych w zakładach tych różnymi laty, liczby robotników i wartości wytworu.

T a b l i c a I V.

Lata	Silniki w k. p.	Liczba wrzecion		Liczba krosien samo- tkackich	Liczba robotni- ków	Wartość wytworu w rublach
		przedzaln- icznych	nitkowni- czych			
1854	?	18 000	?	100	?	?
1866	?	26 000	?	100	?	?
1869	?	48 000	?	400	?	?
1873	?	118 000	?	2200	?	?
1875	?	136 000	?	2200	?	?
1877	?	136 000	?	2200	?	?
1878	?	190 000	?	3040	?	?
1879	?	215 000	?	3563	?	?
1888	?	221 826	9 926	3664	?	?
1891	5 104	230 952	10 954	3664	?	?
1899	8 410	237 270	12 018	4789	5436	19 060 523
1900	8 790	241 525	12 018	4789	7485	18 010 064
1901	9 020	241 525	12 018	5155	7655	18 396 553
1902	9 050	241 525	12 018	5153	7250	13 263 598
1903	9 100	241 525	12 018	4826	7236	16 077 191
1904	9 320	241 525	12 018	4826	6895	20 136 707
1905	9 430	241 525	12 018	4826	7008	16 813 074
1906	9 630	241 525	12 018	4826	7314	14 899 745
1907	9 920	241 525	12 018	4826	7301	14 152 690
1908	9 950	240 750	12 250	4826	7206	14 546 990
1909	10 000	240 750	12 250	4826	7300	20 000 000

W r. 1850 istniało w Królestwie Polskiem 59 fabryk większych, oraz 2524 mniejszych i warsztatów pojedynczych, bawełnę przerabiających, z 14 326 robotnikami i wartością wytworu 2 673 000 rub.; w r. 1860 liczba fabryk większych wzrosła do 208, mniejszych i warsztatów pojedynczych do 3857, liczba robotników do 17 044, a wartość wytworu do 8 091 400 rub.

Wypadki r. 1863, oraz głód bawełniany w latach 1861 — 1864, wpłynęły na znaczne obniżenie wytwórstwa bawełnianego. W r. 1864 posiadaliśmy 125 fabryk większych, oraz 1975 mniejszych i warsztatów pojedynczych z 11 867 robotnikami i wartością wytworu 4 183 880 rub., która w porównaniu z r. 1860, zmalała o 48%.

W latach następnych przemysł bawełniany stale rozwija się w kierunku wielkoprzemysłowym, i tak w r. 1869, u schyłku okresu przejściowego, Królestwo Polskie posiadało już 112 fabryk większych, oraz 974 mniejszych i warsztatów pojedynczych, bawełnę przerabiających, z 13 387 robotnikami i wartością wytworu 8 132 166 rub., która w porównaniu z r. 1840, t. j. w ciągu lat 30 okresu przejściowego, wzrosła prawie trzykrotnie. Właściwie jednak rozwój przemysłu bawełnianego na większą skalę poczyną się od r. 1870 pod wpływem szerokiego rozwoju w tym czasie sieci kolejowych w kraju i Cesarstwie (Warszawsko-Petersburska w roku 1862, Warszawsko-Bydgoska w r. 1863, Fabryczno-Łódzka w r. 1866, Warszawsko-Terespolska w r. 1869 i Nadwiślańska w r. 1877) oraz podwyższenie cel wchodowych od wyrobów bawełnianych zagranicznych w r. 1877.

W okresie tym powstały u nas następujące znaczniejsze zakłady fabryczne, przerabiające bawełnę: Tow. Akc. J. K. Poznańskiego w Łodzi, Tow. Akc. „Heinzel i Kunitzer” w Widzewie, Tow. Akc. S. Rosenblatta w Łodzi, Tow. Akc. „Krusche i Ender” w Pabianicach, Tow. Akc. L. Grohmann w Łodzi, Tow. Akc. Łódzkiej nicianej manufaktury w Widzewie, Tow. przedsiębiorstwa „La Czenstochovienne” w Częstochowie, Teodora Endera w Moszczenicy, Tow. Akc. „Lorentz i Krusche” w Zgierzu, Tow. Akc. Zgierskiej Bawełnianej Manufaktury w Zgierzu, Tow. Akc. Augusta Schmelzera w Myszkowie, Tow. Akc. M. Silbersteina w Łodzi, Karola Steinerta w Łodzi, H. Grohmann w Łodzi, Tow. Akc. „Helle i Dittrich” w Żyrardowie, Adama Ossera w Łodzi, R. Biedermann w Łodzi, przedsiębiorstwo „Wola” w Warszawie, K. Hoffrichtera w Łodzi, Tow. Akc. R. Kindlera w Pabianicach i inne.

O szybkim rozwoju przemysłu bawełnianego w kraju naszym pouczają nas tablice V i VI, ułożone na podstawie danych urzędowych, dotyczących liczby fabryk, liczby narzędzi pracy, liczby robotników, stosunku liczby robotników do liczby fabryk, wartości wytworu, wreszcie stosunku wartości wytworu do liczby fabryk i liczby robotników.

Nadmienić należy, że dawniej zaliczano do fabryk każdy warsztat pojedynczy, od roku zaś 1886 zbierają się wiadomości tylko o fabrykach, zatrudniających więcej niż 15 robotników, lub używających do pracy silników parowych, gazowych i t. p., bez ograniczenia, co do liczby robotników.

Jakkolwiek dane urzędowe nie w zupełności odpowia-