

WSTĘP DO TERMODYNAMIKI.

Napisał H. Czopowski, inżynier.

1. Do pojęcia ciepła i zimna dochodzimy drogą naszych zmysłów. Dotykając się różnych przedmiotów, otrzymujemy *wrażenie* ciepła lub zimna; jednakowoż krótkotrwała nawet obserwacja tych wrażeń doprowadzi nas do wniosku, że wrażenie nasze jest bardzo względne; przedmiot np. znajdujący się w tych samych warunkach cieplnych, wyda nam się ciepłym lub zimnym w zależności od stanu naszego organizmu, przyjdziemy więc niebawem do wniosku, że chociaż zmysły dają nam wrażenie ciepła i zimna, lecz nie są w stanie dać nam *miary* ciepła. Chcąc więc badać przejawy ciepła w ilościowych ich stosunkach, powinniśmy znaleźć inne właściwości ciepła, któreby dały możliwość sądzić o wielkościach czynników składających wrażenie ciepła.

2. Najpierwszym czynnikiem ciepła, jaki obserwowano, był czynnik *nazywany* temperaturą; mówimy więc, iż przedmioty gorętsze posiadają wyższą temperaturę, chłodniejsze zaś—niższą, ażeby zaś uwolnić się od subiektywnego oceniania wysokości temperatury, skorzystano z właściwości, iż ciała przy ochładzaniu lub ogrzewaniu zmieniają swą objętość.

Dzisiejsza fizyka nas uczy, że zmiany temperatury moglibyśmy również mierzyć w inny sposób, np. przez wpływ ciepła na przewodnictwo elektryczne, przez wpływ ciepła na rozpuszczalność soli w roztworach i t. p.; dlaczego zaś zmiana objętości została przyjęta za miarę temperatury, nie zaś inny objaw, stanie się dla nas jasnym, gdy zwrócimy uwagę z jednej strony na niedostateczność materiału obserwacyjnego, jakim w dawne czasy rozporządzano, z drugiej zaś strony na prostotę samego zjawiska rozszerzalności, rzucającego się w oczy badacza. Zjawisko rozszerzalności ciał pod wpływem ciepła znane już było w starożytności, wyzyskanie zaś tego przejawu do celów naukowych, przypisują Galileuszowi (1615 r.).

Jak widzimy z powyższego, wybór *sposobu* mierzenia temperatury zapomocą rozszerzalności przypisać należy pewnemu zbiegowi okoliczności, wybór ten nie był poddany żadnej krytyce i oprócz naoczności zjawiska nie posiadał żadnych innych zalet¹⁾. Wobec tego zastanówmy się, co nam może dać taki sposób mierzenia temperatur? Sposób ten daje nam tylko określenie pewnych stanów temperatur, daje nam możliwość odnalezienia, czy też odtworzenia pewnej temperatury, którą określiliśmy poprzednio zapomocą objętości pewnego ciała; przytem należy zauważyć, iż, aby to odtworzenie było jednoznaczne, należy *umówić* się jeszcze co do samego ciała, którego zmiany mają służyć nam za cechy stanu cieplnego, gdyż, jak doświadczenie uczy, różne ciała różnie zachowują się w swych właściwościach rozszerzania się; przyjmując więc np. jako miarę temperatury rozszerzalność rtęci lub powietrza i oznaczywszy przyrostki objętościowe tych ciał przez pewne cyfry, możemy powiedzieć o tych cyfrach, iż są one tylko *znakami* (numerami bieżącymi), wskazującymi pewne stany cieplne i bynajmniej nie oznaczają *wielokrotności* stanu w znaczeniu matematycznym²⁾; może więc być w tym razie tylko mowa o wielokrotności rozszerzenia, co bynajmniej nie nam nie mówi o wielokrotności stanu cieplnego. Ażeby mówić o jakiejś *wielokrotności*, należy ustanowić jednostkę miary, a ta jednostka może być tylko *umówioną*; powracamy więc znowu do całej względności pojęcia miary temperatury, jaka nam

się przedstawiła przy wyborze cech cieplnych. Umysł jednakże ludzki w ciągłym poszukiwaniu „absolutu“ i tutaj poszukuje „temperatury naturalnej lub prawdziwej“, „rozszerzalności równomiernej“ i t. p., lecz te pojęcia są to *pojęcia* abstrakcyjne, subiektywne, których nie można uosabiać w rzeczywistych postaciach. Zmuszeni więc jesteśmy pozostać przy całej względności jak pojęcia, tak i miary temperatury, a mówiąc o wielokrotności temperatury, powinniśmy *umówić* się co do sposobu jej mierzenia, gdyż żadnej miary „naturalnej“ czy też „absolutnej“ nie posiadamy.

Przy wyborze tego sposobu winniśmy mieć na uwadze możliwą ogólność zjawisk cieplnych, oraz winniśmy mieć na celu przedstawienie zjawisk przyrody w możliwej prostocie.

Podstawę do takiego sposobu mierzenia wysokości temperatur podał THOMSON, stawiając myśl, ażeby wielokrotność temperatury odpowiadała wielokrotności pracy mechanicznej wykonanej podczas przebiegu zamkniętego; zastępuje więc THOMSON wielokrotność przyrostków objętościowych, które występują podczas rozszerzania się ciał, przez wielokrotność przyrostków pracy. Ten ostatni zatem sposób mierzenia temperatury jest również względny i konwencyonalny jak poprzednie sposoby, ma on jednakże tę zaletę, że opiera się na ogólnej idei energetycznej³⁾ i czyni prawo o równoważności ciepła i pracy absolutnie ścisłym prawem.

3. Po takim przedstawieniu rozwoju powstania prawa równoważności ciepła i pracy nasuwa się pytanie, w jaki sposób mogło być to prawo odkryte, skoro do mierzenia temperatury dochodzimy dopiero *po* odkryciu równoważności pracy i ciepła.

Na to odkrycie złożyło się kilka okoliczności, natury zupełnie przypadkowej i związanej z właściwościami zjawisk cieplnych⁴⁾. Termometry, oparte na mierzeniu przyrostków objętościowych różnych ciał, *nie wiele* różniły się między sobą, a termometry oparte na rozszerzaniu się gazów wskazywały bezpośrednio ilość pracy mechanicznej, którą należałoby zamienić na ciepło, w celu otrzymania danej temperatury. Przypadkowy więc pomysł mierzenia temperatury zapomocą własności rozszerzania się ciał, dał możliwość do odkrycia *przybliżonego* prawa równoważności ciepła i pracy, które to prawo, po wprowadzeniu skali THOMSON'A (zwanej absolutną, lub termodynamiczną), stało się postulatem.

Należy jeszcze dodać, że temperatura mierzona zapomocą rozszerzalności gazów, o tyle będzie tożsamą z termodynamiczną skalą, o ile gaz pochłaniając pewną ilość ciepła, zamieni *całą* tę ilość w pracę zewnętrzną; lecz doświadczenia JOULE'A i THOMSON'A czynione w tym kierunku wykazały, iż gaz pochłaniając ciepło lub pracę, nie w całości oddaje nam te energie w postaci odwrotnej, t. j. w postaci pracy lub ciepła, lecz część udzielonej energii pochłania gaz na wewnętrzne przemiany, o tę więc część straconej energii będą się różniły skale gazowe od skali termodynamicznej; jak doświadczenia wykazały, różnica ta stanowi dla termometru powietrznego—ułamki stopnia; tej małej więc różnicy pomiędzy termoskopicznymi właściwościami ciał, należy przypisać odkrycie zamienności pod względem ilościowym pracy i ciepła, gdyż obrawszy jakie inne właściwości termiczne ciał, jako miarę przemian, zgodności tej możeby nie zauważono.

4. Powyższe wyjaśnienia rzucają światło na genezę i logiczne podstawy, na jakich wspiera się prawo, a właściwie postulat równoważności ciepła i pracy. Zobaczmy obecnie, jak się te stosunki przedstawiają w zjawiskach elektrycznych.

¹⁾ Powyższe wywody zaczerpnięte są z dzieła: E. Mach. „Die Principien der Wärmelehre“.

²⁾ Zastosować tu można twierdzenie Poincaré'go (Wartość wiedzy, dotyczące się samego pojęcia i miary czasu: „Jednym słowem, danym nam jest psychologiczny (intuicyjny) czas, i powinniśmy dążyć do naukowego fizycznego czasu“). „My nie posiadamy bezpośredniej intuicji równości dwóch odstępów czasu“.

³⁾ Do szczegółów rozwoju historycznego tego pomysłu odsyłam czytelnika do zajmującego dzieła E. Macha: „Die Principien der Wärmelehre“, skąd zaczerpnąłem powyższe wyjaśnienia.

⁴⁾ E. Mach.

Pokrewieństwo pracy mechanicznej do zjawisk elektrycznych daje się zauważyć w samej metodzie obserwowania tych ostatnich zjawisk.

Stan elektryczny danego ciała charakteryzujemy właściwościami dynamicznymi, powiadamy np., iż ciała naelektryzowane *odpychają* się lub też *przyciągają* się i przyjmujemy, iż miarą jednostki elektryczności jest *taka jej ilość*, która wywiera taki a taki *skutek dynamiczny*, mierzony bezpośrednio w jednostkach $[L, M, T]$ ¹⁾, jednostkę taką nazywamy kulonem (Coulomb), i możemy ją mierzyć np. w grmach; w określeniu więc ilości elektryczności tkwi czynnik dynamiczny siły i pracy, konsekwencje więc z tak postawionego określenia są już do przewidzenia.

Prawa matematyczne, określające stosunek czynników wchodzących w pojęcie pracy, *przypuszczalnie* powtórzyć się muszą w zjawiskach elektrycznych; doświadczenia więc i odkrycia, czynione w tej dziedzinie, służą częściowo jako pomoc w oryentowaniu się umysłu naszego w przyjętej łączności tych zjawisk pomiędzy sobą, częściowo zaś są tylko sprawdzeniem przewidzianych praw, lub też praw, które powinniśmy byli przewidzieć; na tej też podstawie zostały przez MAXWELL'A przewidziane i matematycznie określone prawa fal elektromagnetycznych, które w następstwie zostały stwierdzone doświadczalnie.

Ilość elektryczności q , mierzona w kulonach, jest jednym ze składników pojęcia „energii”, drugim składnikiem jest pojemność elektryczna C ²⁾ łącznie ze współczynnikiem dielektrycznym.

Z tych dwóch składników tworzymy pojęcie potencjału: $V = \left(\frac{1}{C}\right) \cdot q$, pojęcie, które znajduje swe fizyczne znaczenie jako właśnie ten czynnik, który decyduje o równowadze elektryczności, a który nazwalismy poprzednio³⁾ napięciem; chcąc więc wytworzyć pewien układ mas elektrycznych przez stopniowe doprowadzanie pewnych ilości elektryczności dq , mamy przy tej czynności stale do przecięcia potencjał *utworzonego już układu*, przeto praca W , potrzebna do wytworzenia takiego układu, przedstawi się

jako $W = \int_0^q \left(\frac{1}{C}\right) q \cdot dq = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{C}\right) Q^2$; wzór ten przedstawia wartość pochłoniętej przez dany układ pracy; przy wyładowaniu więc kondensatora musi być nam zwróconą w postaci pracy czy też ciepła. Wprowadzenie więc pojęcia potencjału do zjawisk elektrycznych jest uczynione z uprzednim rozmysłem ujęcia zjawisk elektrycznych we wzory *znane już z mechaniki*.

5. Należy tutaj zwrócić jeszcze uwagę na pewną niekonsekwencję w słownictwie, która ma swoją historyczną podstawę, lecz nie ściśle określa odpowiednie pojęcie, mianowicie wyrażenie: „ilość ciepła” jest pojęciem równoważnym z pojęciem pracy, te pojęcia są współmierne, tymczasem „ilość elektryczności q ” jest tylko jednym ze składników pojęcia pracy i *nie jest* z nią współmierną wielkością, dopiero wyraz $\frac{1}{2} \left(\frac{1}{C}\right) Q^2$ jest równoważnym z wyrazem na pracę.

6. Przyjawszy sposób mierzenia temperatury, dojdziemy łatwo do pojęcia ilości ciepła. W historycznym rozwoju nauki o cieple pojęcia te były początkowo nierozróżniane (nazywano je wogóle calorem), a właściwie posiadano tylko pojęcie temperatury, mierzonej przez rozszerzalność gazów. Do pojęcia ilości ciepła doszli badacze (BLACK, 1760)⁴⁾, badając temperaturę mieszania różnych *ilości tegoż ciała*, oraz jednakowych ilości *różnych ciał*; badania te doprowadziły do *odkrycia stosunku* matematycznego, jaki zachodzi pomiędzy temperaturą i masą ciał mieszanych, stosunek ten wyrazi się przez wzór:

$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2};$$

w razie stosowania różnych ciał, należy wprowadzić do rachunku pewne współczynniki, charakteryzujące zachowanie się cieplne tych ciał.

Wzór na taką mieszaninę przedstawi się nam w postaci:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2 \dots}{m_1 c_1 + m_2 c_2 \dots}$$

Pochodzenie więc wzorów na oznaczenie temperatury mieszaniny jest, biorąc ich z formalnej strony, czysto *empiryczne, doświadczalne*.

(C. d. n.)

⁴⁾ E. Mach.

¹⁾ Długość, masa, czas.

²⁾ Pojemność tę należy odróżnić od pojęcia pojemności energetycznej, stosowanego w moich artykułach „Podstawy energetyki”.

³⁾ Artykuł „Podstawy energetyki”, *Przegl. Techn.* 1906, jak również w odblacie tegoż artykułu, zatytułowanej: „Zasady energetyki”.

Gospodarka szosowa za granicą.

W styczniu r. b. wydział główny do spraw gospodarstwa miejscowego Ministerium Spraw Wewnętrznych rozesał do gubernatorów okólnik, polecający dostarczenie w jak najkrótszym czasie szczegółowych wiadomości co do ilości i jakości dróg i mostów, na nich się znajdujących, z podziałem tych dróg na kategorie, a to w celu opracowania projektu o organizacji zarządu dróg kołowych, który ma być wniesiony do Dumy. To też bardzo na czasie ukazały się dwie książki, z których można wiele pożytecznych wskazówek wyciągnąć dla rzeczonoego projektu.

Książki te są:

1) Współczesny stan dróg bitych w Niemczech i Austrii. Nap. inż. kom. A. HELFER. Petersburg 1905. Wydanie Zarządu dróg wewnętrznych wodnych i szosowych Ministerium Komunikacji.

2) Współczesny stan dróg bitych we Francji. Napisał inż. kom. A. NIKOLSKI. Petersburg 1904 r. Wydanie Zarządu dróg wewnętrznych wodnych i szosowych.

Ze zarządzanie drogami bitymi u nas pozostawia wiele do życzenia, jest rzeczą ogólnie znaną, więc bardzo pożytecznym byłoby, gdyby organizacja zarządu szos państw zagranicznych tak co do strony technicznej, jako też i gospodarczej znalazła u nas kiedys choćby naśladowictwo.

W Królestwie Polskiem drogi bite dzielą się na dwie

kategorie główne: 1) szosy zostające w zawiadywaniu Okręgu Ministerium Komunikacji i utrzymywane z funduszy tegoż Ministerium i 2) szosy t. zw. gubernialne, zostające w zawiadywaniu Ministerium Spraw Wewnętrznych (t. j. Rządów Gubernialnych) i utrzymywane ze specjalnego podatku miejscowego. Pierwsza kategoria szos utrzymana jest wogóle niezłe dzięki względnie znacznym środkom materialnym, jakimi rozporządza na ten cel Ministerium Komunikacji, chociaż często można zauważyć nieprodukcyjną, w porównaniu z zagraniczną gospodarką; natomiast kategoria druga—szos gubernialnych—bardzo wiele pozostawia do życzenia z powodu nieracjonalnej organizacji gospodarki finansowej i administracyjnej oraz braku odpowiedniego personelu technicznego zarówno wyższego, jako też niższego i szczupłości środków materialnych. Wogóle rozwój dróg bitych jest bardzo słaby, szczególnie kategorii drugiej: te, które istnieją od dawna, są zbudowane bardzo słabo, po większej części bez podłoża kamiennego, tak powszechnie przyjętego za granicą, i na ogół utrzymywane są lichy, a przyrostu nowych arterii, jaki widzimy w ościennych państwach, w Królestwie Polskiem niema, albowiem przy nieracjonalnie postawionej gospodarce w większej części wypadków nie wystarczają miejscowe środki materialne nawet na utrzymanie dróg już istniejących. Zdarza się, że szosy istniejące z powo-