Podstawy energetyki.

Napisał **H. Czopowski**, inż.

(Ciąg dalszy do str. 346 w № 29 r. b.).

28. Rzuciwszy okiem na powyższe przykłady, zauważymy, iż wyrazy na energię rozbijają się algebraicznie na dwie grupy, na wyrazy, w których napięcie jest niezależne od pojemności, jak np. $T \,.\, \delta\,[S]$ lub $N \,.\, p$ i t. d., oraz na wyrazy, w których napięcie jest funkcyą pojemności, np. $V \,.\, \delta\,[V \,.\, m]$.

Układy energetyczne, złożone z energii charakteryzujących się niezależnością napięcia od pojemności, nazwałbym *układami sztywnymi*, układy zaś, złożone z energii posiadających tę zależność, nazwałbym *układami sprężystymi*.

Pojęcia sztywności i sprężystości są tu zapożyczone z fizycznych własności ciał, zataczają one tylko w danem zastosowaniu daleko szerszy horyzont, obejmują całe grupy zjawisk pozornie odrębnych. Zdawałoby się, iż jest to pierwszy podział wszystkich zjawisk na dwie grupy oddzielne; lecz czy w rzeczywistości są te grupy oddzielne, czy rzeczywiście stanowią one dwa światy różne? należy przypuszczać, że nie, należy przypuścić, że wzory nasze są przybliżone, są to pierwsze wyrazy funkcyi ogólnej, obejmującej wszystkie warunki równowagi; do odnalezienia tej funkcyi może kiedyś nauka dojdzie, dzisiaj sądzić o tem jest przedwcześnie, nie posiadamy jeszcze opracowanych szczegółów, ażebyśmy mogli się wznieść ponad poziom poszczególnych energii lub pewnych ich grup. Pozostaniemy więc tymczasem przy wyżej wyłuszczonym podziale, dopuszczając jednakże jako trzecią grupę układów, układy z wyraźną charakterystyką mieszanych własności.

29. Wyprowadzenie obliczeń powyższych przykładów miało na celu wykazać *możliwość* przyjętego przeze mnie sposobu rachunku, o ile zaś ten rachunek jest *ogólny*, o ile *płodny*, pozwoli o tem sądzić następująca część tej pracy.

Energia ruchu. 30. „Powiedzenie, że siła jest to przyczyna ruchu, zaliczyć należy do metafizyki, i gdybyśmy przyjęli je jako określenie siły, byłoby ono zupełnie bezpłodne. Jeżeli pewne określenie ma dać nam jakąś korzyść, powinno uczyć nas, jak należy *mierzyć siłę*, i zupełnie jest niepotrzebnem, gdy chce ono nas objaśnić, *co jest siła sama w sobie*, czy ona jest przyczyną, czy też skutkiem ruchu"; tak powiada H. Poincaré [1]). Napotykamy więc i tutaj na odprawę, gdy chcemy wniknąć *w istotę rzeczy*.

Otóż z tego względu, przyjmując jakieś określenie w naukach ścisłych, czynimy to nie dla tego, żeby objaśnić istotę danego pojęcia, lecz dla tego, że wnioski wynikające z tych określeń są zgodne z daną grupą zjawisk, inaczej mówiąc, dla tego że wnioski te są *sprawdzone z rzeczywistością*; ta zgodność rezultatu rachunku z rzeczywistością daje prawo obywatelstwa tym, a nie innym określeniom; zrozumiałem więc jest, iż w tych określeniach nie kryje się nic „wrodzonego", nic „absolutnego", nic „metafizycznego".

31. Spokój jest tylko szczegółowym wypadkiem ruchu; w ten sam sposób pojmuje matematyka, iż zero jest granicą, do której dąży pewna zmienna wielkość. Pojęcie to wynika z pojęcia ciągłości zjawisk, z pojęcia ciągłości funkcyi matematycznych. Gdy pewien np. punkt znajduje się w spokoju, to może to pochodzić stąd, że na niego nie działają siły—wtedy rozpatrywanie takiego wypadku nie należy do mechaniki—lub też spokój tego punktu pochodzi z pewnego układu działających na niego sił, który nazywamy stanem równowagi,—wypadek ten wchodzi w zakres naszych rozpatrywań.

32. Do punktu M przytknięte są dwie siły x_1 i x_2, działające w jednej prostej.

$$\begin{array}{ccc} X_1 & M & X_2 \\ \longrightarrow & \bullet & \longleftarrow \end{array}$$

Jeżeli M ma być w spokoju, to siły: $X_1 = X_2$. W tym warunku równowagi znajduje się tylko stosunek sił; sposób ten wyrażenia warunku równowagi jest odmienny w swym charakterze od sposobów znajdowania równowagi, wyprowadzonych w poprzednim rozdziale. Lecz tak nie jest, warunek $X_1 = X_2$ jest analogicznym do równania $T_1 = T_2$ w poprzednim przykładzie; ten ostatni wyraz jest już rezultatem pewnych równań ogólniejszych, lecz równania te w przykładzie działania sił na punkt są pominięte. Chcąc jednakże dojść do tych ogólnych równań, obejmujących zjawiska np. cieplne i mechaniczne, należy wprowadzić do mechaniki ruchu pojęcia: napięć, pojemności i pracy. W ostatnim przykładzie widocznem jest, iż X_1 i X_2 odgrywają rolę napięć, gdyż każda zmiana wielkości X wyprowadza punkt M z równowagi, a wielkości takie nazwaliśmy poprzednio napięciami. Gdy siła więc jest identyczną z napięciem, pojemnością, w takim razie będzie przesunięcie w kierunku siły, wyraz więc dla danej energii będzie:

$$E = N \,.\, \delta\,[P],$$

gdzie N oznacza siłę (t. j. w powyższym przykładzie $X = N$), $\delta\,[P]$ zaś przesunięcie. Wyraz powyższy $E = N \,.\, \delta\,[P]$, jako wyraz oddzielny, ma tylko symboliczne znaczenie, otrzyma on zaś matematyczne znaczenie jedynie w zestawieniu z drugimi podobnymi wyrazami.

Wielkość $\delta\,[P]$ jest dowolną wielkością, i w danym wypadku oznacza się przez dowolnej długości kresę, leżącą na kierunku linii sił.

Energia więc siły X_1 oznaczy się przez $N_1 \,.\, [\delta\, P_1]$, energia siły X_2 oznaczy się przez $N_2\,[\delta\, P_2]$; w razie równowagi suma obydwóch energii musi być równą 0:

$$N_1 \,.\, \delta\,[P_1] + N_2 \,.\, \delta\,[P_2] = 0,$$

z charakteru zaś przesunięcia otrzymamy:

$$\delta\,[P_1] = \delta\,[P_2],$$

z obydwóch więc równań:

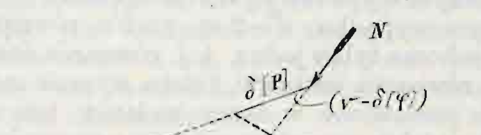
$$N_1 = -N_2.$$

Jest to wniosek już nam znany.

33. Przykład powyższy rozpatrywał zjawisko równowagi w przestrzeni jednowymiarowej: przenieśmy się obecnie do przestrzeni dwuwymiarowej.

W przestrzeni dwuwymiarowej, czyli na płaszczyźnie, parametrami siły czyli napięcia są jego wielkość N i kierunek ν, pojemność zaś, w danym razie przesunięcie, oznaczy się również przez dwa parametry: przez długość $\delta\,[P]$ i kierunek $\delta\,[\varphi]$ (rys. 2). Wyraz na energię w tym razie będzie:

$$E = N \,.\, \delta\,[P] \,.\, \cos(\nu - \delta\,[\varphi]) \quad . \;\; . \;\; . \quad (25).$$



Rys. 2.

34. Z postaci tego wyrazu wynika, iż niekoniecznem jest, jakieśmy to dotychczas przypuszczali, ażeby energia wyrażała się przez iloczyn pojemności i napięcia. W powyższym wyrazie widzimy, iż parametry napięć [2]) i pojemności są połączone przez funkcyę goniometryczną; wniosek ten uogólnia nam pojęcie o zależności funkcyonalnej pomiędzy parametrami napięć i pojemności; zależność ta nie jest tak prostą, jakieśmy to sobie początkowo wyobrażali przy rozpatrywaniu wyżej przytoczonych przykładów. Możemy stąd wniosek wyciągnąć, że wielkości napięć i pojemności mogą składać się z kilku parametrów i że parametry te mogą być z sobą połączone przez funkcye, które okazać się mogą dosyć zawiłemi, *charakter zaś funkcyi* tych prawdopodobnie zależny jest od *postaci energii*. Zdaje się, że nic nie stoi na przeszkodzie do

[1]) H. Poincaré w niemieckiem wydaniu „Wissenschaft und Hypothese", str. 100.

[2]) Że ν posiada wszelkie właściwości napięcia, przekonywa nas o tem przeświadczenie, iż każda zmiana wielkości ν jest w stanie wyprowadzić z równowagi układ, który poprzednio znajdował się w równowadze.

postawienia tego ostatniego wniosku i jeżeli wniosek ten przyjmiemy za zgodny z rzeczywistością, jakże wydadzą nam się bezpłodnemi tłumaczenia zjawisk, np. termodynamicznych, elektrycznych i innych za pomocą praw ruchu ciał; jeżeli np. chcielibyśmy tego dopiąć, to znaczy się, iż wzór energetyczny dla danej energii chcemy utożsamić z wzorem dla energii pracy, czy też ruchu, gdy tymczasem funkcye te nie są identyczne. Czy w danym wypadku nie jesteśmy w położeniu alchemików? Czy nie staramy się wydobyć wyrazów matematycznych dla energii cieplnej z wzorów na energię ruchu?

35. Chcąc dalej przeprowadzić analogie pomiędzy postaciami energii i postaciami materyi, powiedzieć możemy, że postacie energii odgrywać *mogą* rolę pierwiastków chemicznych, lub też mogą być analogiczne do związków chemicznych, a w tym ostatnim wypadku pierwiastkami energetycznymi byłyby parametry. Przypuszczenia te i analogie robione w tym kierunku zdają się być przedwczesne, energetyka nie może jeszcze pozytywnie na nie odpowiedzieć. Zatrzymajmy się więc na razie na skonstatowaniu różnorodności funkcyi wyrazów energetycznych i wyprowadźmy wnioski z zestawionego wzoru na energię ruchu.

36. Wyraźmy wyżej przytoczony wzór:

$$E = N \,.\, \delta[P] \,.\, \cos(\nu - \delta[\varphi])$$

za pomocą spółrzędnych prostokątnych x i y; w tym celu roztwieram nawiasy funkcyi goniometrycznej i otrzymam:

$$E = N \,.\, \delta[P] \,.\, \cos\nu \,.\, \cos\delta[\varphi] + N \,.\, \delta[P] \,.\, \sin\nu \,.\, \sin\delta[\varphi] \qquad (26);$$

w tym wzorze zauważę, iż: $N \,.\, \cos\nu$ oznacza rzut siły na oś x-ów, $\delta[P] \,.\, \cos\delta[\varphi]$ — także rzut przesunięcia; jeżeli rzuty siły na oś x-ów oznaczę przez X, odnośnie zaś do osi y-ów przez Y, rzuty zaś przesunięć odpowiednio przez $\delta[x]$ oraz $\delta[y]$, otrzymam z powyższego wzoru wyraz dla energii:

$$E = X \,.\, \delta[x] + Y \,.\, \delta[y] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27),$$

jest to postać znana nam z mechaniki pod nazwą pracy wyobrażalnej (virtuel) [1]).

Wzór ten ostatni zaciemnia, mojem zdaniem, rozpatrywanie energii w tem ogólnem oświetleniu, w jakiem ja chcę ją widzieć, stosować więc będę w dalszych wywodach wzór (25).

37. Oznaczmy obecnie warunki równowagi sił działających na pewien punkt w płaszczyźnie. Przyjmuję, iż na dany punkt działają siły, pewna ilość tych sił jest nam znana, t. j. są nam dane parametry N i ν, ilość tych sił oznaczam przez c; następnie dana nam jest ilość sił—n, które mają z poprzedniemi utrzymywać równowagę. Na mocy niezniszczalności energii napisać możemy, iż suma energii znanych musi być równą sumie energii nieznanych, t. j. $\Sigma E_c = \Sigma E_n$. Dla większej ogólności algebraicznej napisać możemy wogóle: $\Sigma E = 0$, t. j. wypadkowa wszystkich energii jest równą zeru, gdy energie jak w rozpatrywanym wypadku są w równowadze.

W danym wypadku: $w = 2n$; $z = 2n$, równanie zaś posiadamy dotychczas tylko jedno, t. j. równanie energetyczne; ażeby dalsze równania zestawić, trzeba wyrazić matematycznie założenie postawione w danem zadaniu; tem założeniem jest warunek, ażeby wszystkie siły po przesunięciu punktu *pozostawały* przytknięte do danego punktu, widocznem więc jest, iż przy przesuwaniu tego punktu, wszystkie pojemności muszą być równe, czyli:

$$\delta[P_1] = \delta[P_2] = . = \delta[P_n] = \delta[P_0] \quad \text{oraz}$$
$$\delta[\varphi_1] = \delta[\varphi_2] = \ldots = \delta[\varphi_n] = \delta[\varphi_0].$$

$\delta[P_0]$ i $\delta[\varphi_0]$ oznaczają pojemności, którym są równe wszystkie poszczególne energie, równań takich posiadamy więc: $r = 2n$; podstawiając te znaczenia w nasze ogólne równanie: $z = w - r + 2$, otrzymamy: $2n = 2n - 2n + 2$, skąd: $n = 1$, czyli dowolna ilość sił działających na pewien punkt może być zrównoważoną przez jedną tylko siłę. Zapytanie powyższe co do warunków równowagi możnaby ogólniej postawić, a mianowicie ile zmiennych może zrównoważyć pewną ilość sił działających na jeden punkt; równanie nasze w tym razie przedstawi się w następującej postaci: $z = 2n - 2n + 2$; skąd $z = 2$, co wyraża, iż dwie zmienne zrównoważą dowolną ilość działających sił; zmienne te mogą być dwa napięcia N_1 i N_2, gdy dane będą np. dwa ν_1 i ν_2, mogą być również N_1 i ν_2, gdy dane będą ν_1 i N_1 i t. d.; jest to, zdaje się, odpowiedź najogólniejsza, jaką możnaby otrzymać w danym wypadku.

38. W celu znalezienia zależności funkcyonalnej napięć w wypadku równowagi, zestawmy posiadane równania; a więc najpierw wypiszemy równanie energetyczne:

$$\sum_1^n N_k \,.\, \delta[P_k] \,.\, \cos(\nu_k - \delta[\varphi]_k) = 0;$$

następne równania wyrażają warunki zadania:

$$\delta[P_k]_1^n = \delta[P_0] \quad \text{oraz} \quad \delta[\varphi_k]_1^n = \delta[\varphi_0];$$

podstawiając te znaczenia w równanie energetyczne otrzymamy:

$$\delta[P_0] \sum_1^n N_k \,.\, \cos(\nu_k - \delta[\varphi_0]) = 0;$$

rozwiązując nawiasy podług wzoru $\cos(\alpha - \beta) = \cos\alpha \,.\, \cos\beta - \sin\alpha \,.\, \sin\beta$, otrzymamy:

$$\delta[P_0] \,.\, \cos\delta[\varphi_0] \sum_1^n N_k \,.\, \cos\nu_k - \delta[P_0] \,.\, \sin\delta[\varphi_0] \,\Sigma N_k \,.\, \sin\nu_k = 0,$$

rozbijając to równanie na oddzielne równania otrzymamy:

$$\sum_1^n N_k \,.\, \cos\nu_k = 0; \quad \sum_1^n N_k \,.\, \sin\nu_k = 0 \quad . \quad . \quad . \quad (28).$$

Jeżeli przedstawimy siły w postaci wektorów, to ostatnie równania wyrażają prawo wieloboku sił; a więc prawo wieloboku sił jest matematycznym wynikiem postulatu o niezniszczalności energii.

39. W większości spotykanych podręczników znajdujemy „dowodzenia“ wieloboku sił, które właściwie nie są dowodzeniami w znaczeniu dedukcyjnem, lecz tylko poglądowem przedstawieniem *doświadczenia*, że siły składają się podług praw wieloboku. We wszystkich tych błędnie zwanych dowodzeniach tkwi milcząco prawda doświadczalna, prawda ta jest tak jasną, a ewentualne doświadczenie tak proste, że nieświadomie przyjmujemy je za wniosek dedukcyjny. Najracyonalniejszą zasadą dla wywodu prawa wieloboku sił, jakie przedstawiają nam podręczniki, jest zasada dynamiczna, głosząca, że gdy siły są w równowadze, to suma momentów wszystkich sił odnośnie do *dowolnego* punktu równą jest zeru; z równania: $\Sigma P \,.\, p = 0$, nie gdzie P oznacza siły i p—długości ramion momentu, możemy wyprowadzić prawo równoległoboku sił, lecz wyraz $\Sigma P \,.\, p = 0$ nie przedstawia nam nic innego jak prawo niezniszczalności energii w szczególnym jej wypadku. Wyprowadzając więc twierdzenie wieloboku sił z pojęcia niezniszczalności energii, przesuwamy w ten sposób źródło prawd doświadczalnych, jakiemi posługiwano się zwykle nieświadomie przy dowodzeniu prawa wieloboku, do ogólniejszego prawa, do ogólniejszego postulatu, jakim jest niezniszczalność energii.

Podstawą więc, na której powinien opierać się wykład mechaniki, jest pojęcie energii i jej niezniszczalności, nie zaś pojęcie siły i wieloboku sił. (C. d. n.)

[1]) W niektórych podręcznikach polskich spotykam nazwę „pracy przysposobionej“, lecz uważam, że ta nazwa jest błędną.

Logiczne znaczenie entropii i rozszerzenie drugiej zasady termodynamiki.

(Odczyt wygłoszony na posiedzeniu Stowarzyszenia Techników d. 8 czerwca r. 1906),

przez **Wł. M. Kozłowskiego.**

(Dokończenie do str. 349 w № 29 r. b.).

Zasada wzrostu entropii we wszechświecie jest więc tylko wyrażeniem zapożyczonem z poszczególnych gałęzi umiejętności (termodynamiki), dla ujęcia ogólnej filozoficznej zasady przyrodoznawstwa, którą nazywam *zasadą jednokierunkowości stawania się*. Miarą zaś entropii w powyższym przykładzie będzie długość sznura już rozkręconego przez ciężar od początku jego ruchu[1]). Sznur ów wydłuża się w miarę biegu zegara, jak wzrasta entropia wszechświata z postępem czasu. Przyjdzie chwila, gdy zegar stanie, bo cały sznur już zostanie rozkręcony: mówimy wówczas, że entropia układu dosięgła swego *maximum*. Siła poruszająca wszechświat została wyczerpana; nastąpić musi spokój i martwota.

Entropia wyraża więc nieodwracalną część zjawisk w układzie odosobnionym; sumę tego, co stało się bezpowrotnie; stało się, aby nigdy się nie odstać. Rzec można, że entropia jest miarą zgrzybiałości układu: im większa, tem układ mniej ma życia przed sobą. Można go odświeżyć wlewając, jakby świeżą krew do zgrzybiałego organizmu, pewną ilość energii potencyalnych przez zetknięcie z innym układem. Lecz jeśli jest odosobniony lub jedyny (jak wszechświat), musi we właściwym czasie zakończyć swój żywot, t. j. dojść do zupełnego spoczynku.

Zasada wzrostu entropii wyraża asymptotyczny bieg całokształtu stawania, zmierzającego ku pewnemu kresowi, który osiągnie w bardzo odległym czasie. Zasada ta zostaje wszakże w sprzeczności z teorematem, wyprowadzonym przez Maxwell'a, a znanym pod nazwą *teorematu fazy*. Twierdzenie to można tak sformułować: jeśli mamy pewną ilość punktów materyalnych, obdarzonych pewnemi prędkościami i jeśli dokoła każdego z nich opiszemy sferę promieniem nieskończenie małym, to po upływie pewnego czasu cały układ wróci do takiego położenia, że każdy z jego punktów znajdzie się w obrębie swojej nieskończenie małej sfery i z prędkością bardzo zbliżoną do tej, jaką posiadał w chwili pierwotnej. Czyli, jak to sformułował p. Poincaré: „świat ograniczony, ulegający samym tylko prawom mechaniki, musi powracać zawsze do stanu, bardzo zbliżonego do swego stanu pierwotnego“.

Jaka jest przyczyna tego rozdźwięku i gdzie tkwi jego źródło? Czy w samej naturze rzeczy przebieg stawania się odpowiada jednej z tych form? W takim razie moglibyśmy postawić dylemat: albo zjawiska wszechświata w całości swojej mają przebieg cykliczny, albo asymptotyczny. Rozwiązanie tego problematu stanowiłoby niezawodnie jedno z najdonioślejszych zadań wiedzy.

P. Poincaré tak pojmuje istotę zagadnienia w wykładach swoich: *O teoryi kinetycznej gazów*[3]), skoro tak usiłuje rozwiązać sprzeczność: Pochodzi ona stąd, że przeobrażamy sumę na całkę, czyli przechodzimy od wielkości pozbawionej ciągłości do ciągłej. Dopóki ilość cząsteczek jest skończona, istnieje peryodyczność; skoro uczynimy ją nieskończenie wielką, peryodyczność znika, gdyż okres staje się nieskończenie wielkim. Tak więc możliwem jest, że zasada Carnot'a ma tylko doniosłość czasową; po upływie milionów stuleci zjawiska termiczne może będą się odbywały w kierunku przeciwnym; ostatecznie więc okażą się odwracalnemi“.

Jest to stanowisko dogmatyczne, które niebawem doprowadzi autora do sceptycyzmu pokrewnego z tym, jaki Hume ujawnił był w filozofii w XVIII stuleciu. Wyrazem tego sceptycyzmu był drastyczny referat p. Poincaré'go: *O podstawach mechaniki*, wygłoszony na kongresie filozoficznym w r. 1900, którego wywody jednak zostały znacznie złagodzone przez autora w wydaniu popularnem[4]). Filozof, przyzwyczajony szukać źródeł praw przyrody nie w rzeczach zewnętrznych, lecz w naturze umysłu ludzkiego, nie może zgodzić się na takie postawienie kwestyi. Antynomia powyżej wytknięta jest dla niego wynikiem dwóch odmiennych stanowisk, służących za punkt wyjścia do wywodów.

Przy rozważaniu zjawisk wszechświata możemy obrać za punkt wyjścia jedno z czterech poniższych założeń, tworzących dwie pary alternatyw:

I. *Początek* lub *odwieczne trwanie*, gdy mowa o bytach.

II. *Cyklizm* lub *asymptotyzm*, gdy rozważamy stawanie się.

[1]) Stąd konieczność temperatury *bezwzględnej (T)*.

[2]) „*Le mecanisme et l'expérience*“ w „Revue de Metaphysique et de Morale“, 1893, str. 535.

[3]) Wygłoszonych w Sorbonie w r. 1892/3 Korzystamy z notatki uprzejmie przesłanej przez jednego z jego słuchaczów, p. Couturat.

[4]) Ob. Poincaré *La science et l'hypothèse*. Pojedyncze zawarte tu szkice, a w tej liczbie i omawiany, podane zostały w streszczeniu przez p. F. Kucharzewskiego. Por. Przegl. Techn. z r. b., № 1 (str. 3), № 2 (str. 14), № 3 (str. 21) i № 4 (str. 32).

Tak więc możemy bądź rozważać pochodzenie materyi (stworzenie lub ewolucya z pramateryi), bądź też przyjąć odwieczny byt atomów, jak to uczynił był już Demokryt; podobnież możemy przypuścić odwieczny ruch tych atomów, lub też szukać jego przyczyny w odmiennym czynniku — sile. Pierwszy z tych poglądów nazywamy *kinetycznym*, drugi *dynamicznym*, a łatwo dostrzedz, że pierwszy prowadzi konsekwentnie do zasady jednokierunkowego stawania się, czyli do asymptotycznego biegu świata, drugi do cyklizmu, czyli do peryodyczności zjawisk wszechświata.

Wprawdzie twórca fizyki kinetycznej, Demokryt, przyjmował powstawanie i rozkład (rozpraszanie się) po sobie nieskończonych światów—jak w najnowszych czasach Herbert Spencer; lecz stanowisko to wynikało po części z niejasności pojęć dynamicznych u starożytnych, po części z wyobrażenia o przestrzeniowej ograniczoności wszechświata, która, jak widzieliśmy, jest warunkiem wywodu teorematu fazy. Jaskrawym przykładem stanowiska dynamicznego jest słynny wywód trwałości układu słonecznego przez Laplace'a, dla którego wszystkie zboczenia od pierwotnego położenia i stosunków układu planetarnego wyrównywają się w ciągu tysiącoleci, tak, iż układ słoneczny oscyluje dokoła pewnego położenia, wracając do niego ustawicznie. Mamy tu teoremat fazy zastosowany do systematu olbrzymich mas i odległości, a wywód ten uzyskany został przy pomocy hipotezy Newton'a o sile działającej w odległości.

Fizyka niejednokrotnie przerzucała się z jednego stanowiska na drugie. Z rąk swego twórcy, Demokryta, wyszła, jak widzieliśmy, w postaci kinetycznej i w tej samej postaci odrodzona została po długich wiekach ciemnoty przez Gassendie'go. Cała fizyka XVII wieku jest kinetyczną, a Huygens znajduje jedną z zasad podstawowych, na której mogła już oprzeć się ściśle naukowa teorya zjawisk fizycznych: zasadę zachowania energii, czyli energii kinetycznej. Lecz niebawem Newton zakłada podstawy mechaniki współczesnej i wprowadza pojęcie siły. Fizyka opiera się o zasady dynamiczne i święci największe swoje tryumfy. Doświadczenie Joule'a, oznaczające równoważnik mechaniczny ciepła, powoduje powrót do stanowiska kinetycznego, które jednak mogło utrwalić się w nauce jedynie dzięki temu, że poprzednio odkryta została druga wielka zasada—zasada Carnot'a.

Istotnie, łatwo dostrzedz, że nie można konstruować fizyki przy pomocy samej tylko zasady zachowania energii. Jest to zasada czysto regulacyjna: wyklucza ona nie tylko wszelką impulsywność, ale i wszelki kierunek stawania się. We wszechświecie, ulegającym jednej tylko tej zasadzie, można byłoby ogrzewać w zimie pokój, obniżając w odpowiednim stopniu temperaturę powietrza na zewnątrz; można byłoby skraplać powietrze bez żadnego ciśnienia, każąc mu dobrowolnie oddać ciepło na zewnątrz. Hipoteza kinetyczna wymaga więc jako uzupełnienia niezbędnego zasady jednokierunkowości stawania się, która zbyteczna jest dla fizyki dynamicznej: siła bowiem zawiera w sobie impulsywność a impuls wytyka i kierunek ruchu.

Lecz przechodząc do kinetyzmu, fizyka dzisiejsza nie mogła się pozbyć całkowicie zasad dynamizmu; nie tylko bowiem nie umie jeszcze rozłożyć wielu zjawisk na składniki kinetyczne, lecz także spoczywa na mechanice nowożytnej, której zasady wiążą się nierozerwalnie z pojęciem siły. Wskutek tego ujrzała się zniewoloną do wprowadzenia obok kinetycznej także i zasady dynamicznej w postaci energii potencyalnej.

Gdy piszemy równanie:

$$E = V + T,$$

gdzie V jest energią potencyalną, T zaś energią kinetyczną, łączymy w jednym wzorze dwie sprzeczne z sobą zasady tłumaczenia zjawisk: V przedstawia zasadę dynamiczną, T—zasadę kinetyczną. Stosownie do tego, któremu z tych czynników oddamy przewagę, otrzymamy jako wynik ogólny bądź cyklizm, bądź asymptotyzm. Tak tłumaczy się więc antynomia wytknięta przez Poincaré'go.

Zasada jednokierunkowości stawania się jest najogólniejszą postacią tej myśli, podstawowej fizyki współczesnej, która w terminach zapożyczonych od pewnej gromady zjawisk ukazuje się jako zasada wzrostu entropii. Próbowano już przedstawić ją w formie ogólniejszej i uniezależnić od terminów związanych ze zjawiskami cieplnemi. P. Helm [1]) nadał jej formę *prawa intensywności*. Zaznacza on, że wszystkie formy energii mogą być przedstawione w postaci iloczynu I i M, gdzie I wyraża pewną funkcyę o znaczeniu ogólnem, której wielkość musi być niejednakowa w dwóch ciałach (lub w dwóch częściach jednego ciała), aby energia mogła się przenieść. Przeniesienie się to energii zawsze odbywa się od miejsc, gdzie I jest większe, ku tym, gdzie jest mniejsze.

Przeciwnie, M jest funkcyą charakterystyczną dla formy i ilości energii zawartej w układzie. Ulega ona zmianie, gdy zmienia się ilościowo energia pewnej formy.

Wielkość M nazywa p. Helm *ilością*, I—*intensywnością* (napięciem) zjawiska lub czynnika.

Zastosowanie tego rozróżnienia do rozmaitych form energii daje następująca tabliczka:

Czynniki	Forma energii	Napięcie (I)	Ilość (M)
Zjawiska cieplne	ciepło	temperatura	entropia
Składniki ruchu	energia kinetyczna	prędkość	ilość ruchu
Działanie w odległości	energia potencyalna	funkcya potencyalna	masa
Składniki oddziaływania wzajemnego	praca	siła	rzut odległ. na kierunek działania siły
Rozszerzanie się	praca	ciśnienie	objętość

Prawo intensywności tak jest sformułowane:

„*Każda forma energii ma dążność do przejścia z miejsc, gdzie ma wyższe napięcie, ku miejscom o niższem napięciu*".

Zasada intensywności nie uwzględnia jednak przejścia od jednej formy energii do innej, albowiem intensywności wyrażają się dla każdego rodzaju energii w wielkościach odmiennych, nie dających się z sobą porównać. Widzieliśmy wyżej, że przejście energii kinetycznej w cieplną odbywa się samorzutnie, gdy, przeciwnie, zamiana ciepła na ruch może być osiągnięta tylko drogą pośrednią, jako wynik innej sprawy nieodwracalnej. Wnosimy stąd, że pomiędzy rozmaitemi formami energii istnieje takiż stosunek, jak między różnemi intensywnościami tej samej energii, t. j. że istnieje zawsze pewna przyczyna, powodująca, że zmiany mogą odbywać się tylko w jednym kierunku i niemożliwe są w przeciwnym. Prowadzi to nas do związku zasady jednokierunkowości stawania się z zasadą przyczynowości. W innem miejscu starałem się wykazać, że pojęcie przyczynowości, oderwane od wszelkich form intuicyjnych, zawiera w sobie ideę nieodwracalnej zależności. Idea ta przy zastosowaniu do zjawisk przyrody staje się źródłem zasady jednokierunkowości stawania się [2]).

Istotnie, jeśli usuwamy ze zjawisk wszelką impulsywność, zawartą w poglądzie dynamicznym, kierunek ogólny stawania się może być określony tylko przez całokształt warunków, które na nie oddziaływają. Jeżeli wypadkowa tego całokształtu była skierowana w pewien sposób w pewnym momencie stawania się, to niema żadnych powodów, dla których mogłaby być skierowana przeciwnie, w którymkolwiekbądź innym momencie. Mówiąc obrazowo: jeśli wszechświat stacza się po pewnej pochyłości, to nie może przyjść chwila, w którejby zmienił kierunek i zaczął wtaczać się ku górze; lecz przeciwnie, będzie się staczał, dopóki nie osiągnie kresu i nie spocznie nieruchomy.

Zasada więc jednokierunkowości stawania się jest wynikiem dwóch innych, ogólniejszych: zasady przyczynowości i jedności wszechświata, która każe go uważać jako układ odosobniony (*kosmos*).

[1]) L. c. str. 61 i nast.

[2]) Por. *Przyczynowość jako zasada podstawowa przyrodoznawstwa*. Warsz. 1906 r.

Z alternatyw wyżej przytoczonych dwie, jak to łatwo dostrzedz, są tylko wypadkami szczegółowymi dwóch innych. Wieczne trwanie jest wypadkiem szczegółowym powstawania, gdy czas powstania rozciągamy w nieskończoność, t. j. usuwamy go poza obręb naszych rozważań. Podobnież i cyklizm jest ogólniejszą zasadą niż asymptotyzm, który się z niego wywodzi, gdy faza rośnie w nieskończoność, t. j. gdy w obręb naszych rozważań wciągamy tylko to, co nie wykracza poza granicę jednego cyklu.

Pan Gosiewski już przed kilku laty wykazał był drogą matematyczną, że zasada wzrostu entropii może być wysnuta z zasady przyczynowości, która sama jest wypadkiem poszczególnym jeszcze ogólniejszej zasady—przypadkowości [3]).

Rozważa on systemat (x_i) o n parametrach zmiennych niezależnych, przedstawiający model wszechświata do chwili t z prawdopodobieństwem P. Rozważanie to doprowadza go do równania:

$$\frac{d \log \varphi}{d x_i} + \Sigma_j \frac{d^2 s}{dx_i \, dx_j} \; x'_j = 0,$$

w którem φ oznacza się z założenia:

$$\frac{d \log P}{d\,t} = \log \varphi,$$

wychodząc z równania:

$$s = - \int_{t_0}^{t} \log \varphi \,.\, dt = \text{minimum}.$$

Równanie to wyraża zasadę deterministyczną Laplace'a, t. j. że „stan obecny wszechświata jest wynikiem stanu poprzedzającego, a przyczyną następującego po nim". Logicznym odpowiednikiem tego równania jest więc zasada przyczynowości. Dalsza zaś jego analiza prowadzi do następujących wyników:

„Jeśli wogóle istnieje układ parametrów niezależnych zmiennych, który uważać możemy z mniejszem lub większem prawdopodobieństwem za model całego świata, to ze wszystkich tego rodzaju układów najprawdopodobniejszy jest ten, dla którego pewna funkcya, a mianowicie

$$\log \varphi - \Sigma \frac{d \log \varphi}{d x_i} \, x_i'$$

parametrów i prędkości ich zmieniania się pozostaje wciąż równa zeru (stała) [*zasada zachowania energii*], inna znów funkcya $s = - \int_{t_0}^{t} \log \varphi \,.\, dt$ samych tylko parametrów zmierza, począwszy od zera, w nieskończonej przeszłości, do maximum oznaczonego, wciąż rosnąc i nigdy tego maximum nie osiągając, przyczem układ zmierza do równowagi, której również nie osiąga". Funkcya s jest tu entropią.

Wywód, który powyżej przedstawiłem, uzyskany został, niezależnie od świetnej pracy p. Gosiewskiego, niezależnie od wszelkich założeń matematycznych i bez użycia jakichkolwiekbądź symbolów, osłaniających wyobrażenia i pojęcia, drogą zgoła odmienną: czysto logicznej analizy zasadniczych twierdzeń przyrodoznawstwa. Sądzę, że zgodność wyników tak odmiennemi metodami uzyskanych przemawia za ich poprawnością.

Zasada jednokierunkowości stawania się znajduje zastosowanie i poza zakresem fizyki. Jest ona myślą przewodnią badań dzisiejszych na całym obszarze przyrodoznawstwa, a tu występuje pod nazwą *idei ewolucyi*. Główną treścią tej idei, stosowanej w każdej niemal gałęzi badań przyrodniczych i niektórych innych, jest to, że stawanie się odbywa się w jednym kierunku, jakby zmierzając ku niedoścignionemu w skończonym czasie kresowi, t. j. asymptotycznie [4]).

[3]) *O prawie zachowania energii i wzrostu entropii* w „Pracach Matematyczno-Fizycznych" 1898, str. 25—32.

[4]) Bliższe szczegóły o tem znajdzie czytelnik w rozdziale p. t. „Ewolucya jako ogólna zasada stawania się" w dziele autora p. t. *Zasady przyrodoznawstwa w świetle teoryi poznania* (Warsz. 1903 r.).

KRYTYKA I BIBLIOGRAFIA.

Charvet L. i Pillet. Wykład początkowy rysunków, do użytku szkół początkowych (Kurs elementarny. Książka nauczyciela). Przetłumaczone z francuskiego. Z zapisu Władysława Peplowskiego w zawiadywaniu Kasy pomocy dla osób pracujących na polu naukowem, imienia d-ra Józefa Mianowskiego. Warszawa 1906. Cena 25 kop.

Ażeby ocenić wartość pracy pp. Charvet'a i Pillet'a, należy uświadomić sobie to znaczenie, jakie odgrywa, lub odgrywać powinien rysunek w szeregu nauk ogólnokształcących. Został on wszędzie zaliczony do najniezbędniejszych przedmiotów ogólnokształcących i można bodaj powiedzieć, że niema dzisiaj typu szkoły, w którymby nie otrzymał należytego stanowiska. Dotąd jednakże w nauce rysunków ręcznych głębiej pomyślanej metody nie było; w szkołach przedmiot prowadzony był według uznania nauczyciela i w zależności zupełnej od jego indywidualnych zapatrywań—zamiast racyonalnej metody rekomendowano mniej lub więcej udatne zespoły rysunków, poczynając od najłatwiejszych—od prostej linii, i kończąc na trudnych i zawiłych gipsach. Rysunki te i wzory stawiano przed uczniami, podawano kilka niezbędnych uwag, i resztę pozostawiano samemu uczniowi—jego zdolnościom. Rezultaty były takie, że odrazu notowano uczniów jako zdolnych i niezdolnych, tych ostatnich pozostawiano na drugim planie, ograniczając się jedynie niezbędnym dozorem, a starano się przeważnie wyrabiać zdolniejszych, ażeby potem na wystawach rocznych rysunkami ich wywoływać aprobatę „metody".

Układane w powyższy sposób programy rysunków ręcznych różniły się dość znacznie pomiędzy sobą, zależnie, jak to mówiłem wyżej, od osobistych upodobań i zapatrywań nauczyciela; we wszystkich jednakże znaleźć można było cechy wspólne, które wypływały z łatwych do spostrzeżenia prawd lub bardzo wyraźnych wskazań praktyki i które nadawały danemu zespołowi rysunków pozory rzeczywistej metody. Prawdy te były np. następujące: figury o zarysach prostych są łatwiej uchwytne niż o krzywych, prostopadłe—niż pochylone, foremne—niż nieforemne i t. p. Posiadając doświadczenie i swobodę w wyborze rysunków, można było z większą lub mniejszą trafnością ułożyć wzory rysunków ręcznych i w ten sposób stworzyć poniekąd motywowaną nawet metodę ich nauki. Zdolniejsi kierownicy wyrywali się z szablonu i, przyznać trzeba, czynili nawet udatne próby ułożenia lepszych programów, wkładając nieco nowych dążeń; nikt jednakże dotąd racyonalnego programu nie dał.

Dopiero autorowie książeczki, o której tu mowa, zanalizowawszy programy szkół francuskich (rządowych), postarali się ułożyć program normalny i jako owoc ich pracy pojawiła sie powyższa „książka dla nauczyciela", której przyznać trzeba poważną wartość pedagogiczną.

Do ostatnich czasów w wykładzie rysunków ręcznych patrzano na geometryę jak na naukę, mającą niewiele wspólnego z rysunkiem ręcznym; używano jej figur, ale jedynie jako łatwiejszych modeli, lub dla ułatwień przy konturowaniu wzoru; korzystano z niektórych jej twierdzeń, ale bez właściwego ich tłumaczenia. W dziełku, o którem mowa, autorowie pierwsi wskazali ważne znaczenie pomocnicze geometryi i pokazali, że rysunek, traktowany w związku z geometryą, jest nie tylko dostępniejszy, ale i znacznie ściślej, a więc prawdziwiej, odtwarzać pozwala. Wyszli oni słusznie z założenia, że rysunek ręczny jest z natury swej geometrycznym, a więc jako taki opierać się powinien na geometryi. Pod wpływem tego słusznego założenia nadali oni nauce rysunków ręcznych pewien umotywowany bieg i ułożyli program, który słusznie nazwać można normalnym.

Program ten obejmuje w części I-ej: linie proste, kąty, podział i stosunek prostych, kątów, kwadrat, zdobiny oparte na kwadracie, prostokąty i zdobiny oparte na prostokącie, trójkąty wogóle, trójkąty prawidłowe i zdobiny oparte na nich, ośmiokąty ze zdobinami stosownemi; w części II-ej: linie krzywe na ogół, koła i stosowne zdobiny, wielokąty wpisane lub opisane z odpowiedniemi zdobinami, elipsy, woluty, śruby, zdobiny oparte na tych figurach, wreszcie zdobiny liściowe i kwiatowe (t. zw. esy i floresy).

Wyjaśnić należy, że autorowie, mówiąc o figurach podstawowych, zaczynają od zaznajomienia swych uczniów z właściwościami geometrycznemi figur, rozumie się o tyle, o ile na to pozwala umysłowe przygotowanie elementarnej szkoły początkowej; analizują figury i dopiero w końcu wskazują uczniom wnioski pożyteczne dla rysunków ręcznych, uwydatniając ich znaczenie na zdobinach właściwie wybranych. Program powyższy przypomina nieco program rysunków geometrycznych (kurs elementarny) i właściwie jest to słusznem, jeśli się uwzględni, że do wyrobienia „cyrkla w oku" (a jest to celem rysunku ręcznego) można dojść jedynie pracując nad tem i w tem, co przez cyrkiel stworzonem zostało i cyrklem zmierzone być może.

Książka, pisana przez wytrawnych pedagogów, posiada wiele cennych uwag i wskazówek, zaleca wielce praktyczne przyrządy pomocnicze i z tych względów jest niezbędną dla młodych zwłaszcza kierowników. Jako pewną nowość w programie elementarnym rysunków ręcznych możnaby uważać rysowanie pamięciowe w celu wyrobienia pamięci rysunkowej, nadzwyczaj ważnej w życiu. Cel ten jest traktowany dzisiaj, zdaje się, tylko w zakładach specyalnych; w programie autorów wyrobienie pamięci stoi na pierwszym planie i dla osiągnięcia go zastosowany jest cały system. Na ogół można powiedzieć, że program odznacza się wielką celowością, dzięki której łatwo dostępnym jest nawet dla mniej zdolnych uczniów.

Jeżeli teraz od tej strony programu przejdziemy do praktycznej, t. j. do sposobu wprowadzania w życie programu, zalecanego przez autorów, to i tu przyznać należy, że autorami kierowała głęboka znajomość szkoły. Nie godziłbym się tylko bez zastrzeżeń na okresy czasu zalecane przez autorów do robienia rysunków; według mego zdania nie można się kierować nimi, gdyż miarodajną w tych razach jest, pomijając trudność rysunku, którą autorowie uwzględniają, tylko pojętność ucznia. Radzę też wskazówki co do czasu na przerabianie zadań uważać poniekąd jako miarę trudności, kierować się zaś wyłącznie własnemi wrażeniami, mając na względzie nasze stosunki. Być może, że we Francyi, kraju o wyższym poziomie kultury, działającej, jak wiadomo, na ogół niwelująco, tego rodzaju szablon jest dobry, u nas się on jednakże nie nadaje; nadto i sama miara czasu jest u nas większą.

Co do rysunków, przytoczonych jako wzory w programie, to są one dość proste i powszednie. Co prawda autorom chodziło głównie o to, ażeby wzór odpowiadał celowi, t. j. najwidoczniej stwierdzał wskazania autorów, ale bądź co bądź mogliby oni byli godniej zareprezentować artyzm francuski. Niektóre rysunki, jak np. na str. 198, pozostawiają wiele do życzenia. Dziwnem wydaje się, dlaczego autorowie ani razu nie zaczerpnęli motywu z bogatej i pięknej sztuki starogreckiej; jest tam wiele zdobin pięknych a opartych na prostych figurach geometrycznych.

Co do tłumaczenia, jest ono naogół dość dobre; zdarzają się jednak gdzie niegdzie nieścisłości, lub uczuwać się daje brak stosownego określenia albo terminu. Tłumaczenie pozostawia na czytelniku wrażenie, że tłumacz zbyt ściśle trzymał się tekstu francuskiego, wskutek czego czuć pewną chropowatość stylu, a niekiedy i niedokładne oddanie myśli autorów; nawet termin „geometrie descriptive" przetłumaczono dosłownie, i w ten sposób „geometryę wykreślną" tłumacz nazwał „geometryą opisową". Wpływ oryginału zauważyć się daje w budowie zdań polskich.

Zdaje mi się, że tem wyczerpuję zauważone wady w tłumaczeniu polskiem dziełka pp. Charvet'a i Pillet'a. Stanowi ono wielce cenny dobytek naukowo-szkolny i życzyćby należało, ażeby program znanych francuskich pedagogów przystosowany został do naszych warunków i wprowadzony do elementarnej szkoły polskiej, jako program normalny, powszechnie obowiązujący. Być może, że nie jeden ze starych pedagogów machnie ręką na te nowatorstwa, nie powinno to jednakże zrażać młodych nauczycieli rysunku ręcznego, którzy za obowiązek sobie poczytywać powinni dokładne przestudyowanie tej książki, dość może nudnej jak dla artystów.

Tłumaczowi należy się uznanie za to, że, interesując się rysunkiem ręcznym, umiał wybrać dla przyswojenia piśmiennictwu naszemu szkolnemu takie dziełko, jakiego nam tak bardzo, zwłaszcza w obecnych czasach poważnych reform szkolnych, brakło. Również należą się słowa uznania Zarządowi Muzeum Rzemiosł za podjęte starania celem wydania tego podręcznika oraz zasłużonemu dla naszego piśmiennictwa Zarządowi Kasy imienia Mianowskiego za umożliwienie tego wydawnictwa, oraz za naznaczenie tak niskiej ceny (25 kop. za książkę o 250 stronicach ścisłego druku z 170 rysunkami), iż czyni ona podręcznik ten przystępnym nawet dla najmniej zamożnych.

Stefan Dobrowolski.