

słonecznych, znajdujących się w dostępnych dla naszego wzroku przestrzeniach kosmicznych na 10^{42} gr, czyli 10^{36} tonn.

2. ROZPRASZANIE MATERJI.

Aczkolwiek materja na ziemi absolutnie zginąć nie może, to jednak nie jest wykluczona możliwość, że może ona zginąć dla celów i dążeń ludzkich oraz dla potrzeb życia organicznego to znaczy, że może ona znaleźć się w takim ugrupowaniu, w takim stanie, w którym będzie dla nas zupełnie bezużyteczna.

Od niepamiętnych czasów człowiek szpera w wnętrznościach ziemi i zbiera metale. Corocznie wytapiamy z rud olbrzymie ilości żelaza, duże ilości miedzi, cynku, ołowiu i srebra. Ręka w rękę z czynnością gromadzenia idzie rozpraszanie, a przez to strata wartości tych mas metalowych. Całkowite żelazo wreszcie zamienia się na rdzę, a utworzony w ten sposób tlenek żelaza zostaje dla nas bezpośrednio stracony. Ilości złota i srebra zużywane corocznie w przemyśle na przedmioty ozdobne i na wszelkiego rodzaju pozłacania i posrebrzania, wynoszą tysiące kilogramów. Równie wielkie ilości tych metali zużywa i rozprasza przemysł fotograficzny.

W znacznie większym stopniu występuje ta rozpraszająca działalność ludzka względem węgla i soli kamiennej, z których pierwszy przez spalanie powraca do atmosfery, sól zaś po rozpuszczeniu w wodach wraca do mórz i oceanów.

Siarka z pokładów siarkowych lub z piritów po przerobieniu na kwas siarkowy, w przeróżnych fabrykach ulega dalszym przemianom i rozpraszaniu. Spójrzmy na zjawiska, występujące na wielką skalę w przemyśle chemicznym, a spostrzeżemy, że morza i oceany stanowią niejako wielki ściek, w którym skupiają się części rozpuszczalne wszelkich produktów przemysłu chemicznego, które uprzednio z tak wielką pracą i trudem otrzymano.

Wskutek zwyrodnienia energii (jej rozpraszania), materja będąca jej podłożem traci swą wartość.

Równoległe z wydobywaniem i koncentracją żelaza z rud idzie rozpraszanie węgla. To co żelazo zyskało na wartości, w znacznie większym stopniu utracił węgiel.

Jedynie procesy na ziemi, które dostarczają nam wciąż nowych ilości wolnej energii chemicznej, mianowicie skupianie węgla w roślinach (proces asymilacji), krążenie wód atmosferycznych, oraz ruchy wiatrów zawdzięczamy świetlnemu i cieplnemu działaniu słońca.

III. ENERGJA CHEMICZNA.

1. CIEPŁO WŁAŚCIWE.

Jeśli wprowadzić wodę lub jakąkolwiek inną substancję w zetknięcie ze źródłem ciepła o wyższej temperaturze, to

ciepło będzie przechodziło z tego źródła do wody, co się zaznaczy w ten sposób, iż temperatura jej będzie wzrastała. Ilość ciepła potrzebna do nagrzania jednego grama wody od temperatury $14,5^{\circ}$ do $15,5^{\circ}$ Celsjusza zowiemy kalorią małą lub kalorią gramową (*kal*). Ilość ciepła 1000 razy większą czyli ilość ciepła potrzebną do nagrzania jednego kilograma wody od temperatury $14,5^{\circ}$ do $15,5^{\circ}$ C. nazywamy wielką kalorią lub też kalorią kilogramową (*Kal*). Niewszystkie wszakże substancje ogrzewają się w tym stopniu co woda. Np. w celu ogrzania 1 gr rtęci od temperatury 0° do 100° wystarczy dostarczyć mu nie 100, lecz tylko 3,3 kal ciepła, — do ogrzania 1 gr żelaza od temperatury 0° do 100° wystarcza dostarczenie 11,3 kal.

Ilości ciepła, które należy dostarczyć 1 gr danej substancji celem podniesienia jego temperatury o 1° zowiemy ciepłem właściwym (gatunkowym) tej substancji. Owe ciepła właściwe są naogół niezbyt różne, wahają się bowiem w granicach od 0,01 do 4,0, i nie przedstawiają wielkości całkiem stałych, lecz wzrastają wraz z temperaturą danych substancyj. Stanowią one jednak dosyć znamienne cechy ilościowe materji i dlatego przytoczymy krótkie zestawienie ich wartości liczbowych dla kilku substancyj.

CIEPŁO WŁAŚCIWE SUBSTANCYJ.

	ciekłych	stałych
woda	1,000	0,505
naftalen	0,396	0,314
benzen	0,423	0,397
siarka	0,324	0,172
brom	0,107	0,070
cyna	0,062	0,056
ołów	0,034	0,032
rtęć	0,033	0,032



Rys. 12.

Zmiana skokowa ciepła właściwego w temperaturze topnienia substancji.

CIEPŁO WŁAŚCIWE SUBSTANCYJ CHEMICZNIE NIEJEDNORODNYCH.

wosk	0,82	drzewo	0,5 — 0,65	piaskowiec	0,202
parafina	0,78	dolomit	0,222	szkło	0,199

⊗ Jeżeli w układzie spólrzędnych prostokątnych odkładać będziemy ciepło właściwe substancji wzdłuż osi rzędnych, a wzdłuż osi odciętych oznaczać będziemy temperatury, to otrzymamy krzywe tego typu, jak na rys. 12. Z podanego tutaj wykresu wynika, że ciepło właściwe, tak jak i inne własności gatunkowe materji, ulega podczas zmiany jej stanu skupienia zmianie skokowej — nagłej. ⊗

Z zestawień powyższych widzimy przedewszystkiem, że materia wykazuje w stanie ciekłym znacznie większe ciepło właściwe aniżeli w stanie stałym. Dalej uderza nas fakt, że z pośród substancyj bardziej rozpowszechnionych na powierzchni kuli ziemskiej, ciekła woda wykazuje największe ciepło właściwe. Tylko nieliczne materje, jak np. ciekły amonjak ($1,0687$ w temp. $-33,1^{\circ}$) oraz ciekły wodór ($1,96$ w temp. -256°) wykazują jeszcze większe ciepła właściwe.

Najmniejsze ciepła właściwe wykazują metale, dlatego też ogrzewają się one najszybciej. Nieco większe są ciepła właściwe materji ziemistych, takich jak kamienie, piasek, ziemia sucha, — jeszcze większe jest ciepło właściwe drzewa i wosku. Stąd też suche mury prędzej się ogrzewają aniżeli wilgotne, również prędzej aniżeli ściany drewniane. Wysoko położone suche gleby, zwłaszcza piaszczyste i gliniaste prędzej się ogrzewają na wiosnę, aniżeli grunty podmokłe, szczególnie torfiaste.

2. CIEPŁO UTAJONE TOPNIENIA.

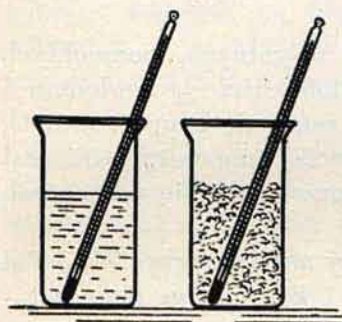
Wiadomo każdemu, że jeśli ogrzewać lód, to temperatura jego podnosi się do 0° , poczem pozostaje na tym poziomie, póki cała ilość lodu nie zamieni się na wodę, czyli póki się on nie stopi. W trakcie tego procesu topnienia lód pobiera znaczne ilości ciepła, nie wpływają one jednak na jego temperaturę, lecz zostają całkowicie zużyte na dokonanie zmiany jego stanu skupienia. Stąd też ciepło to nazwano ciepłem utajonem topnienia.

⊗ Zjawisko to uwydatnia się na wykresie, przedstawionym na rys. 13. Wzdłuż osi rzędnych oznaczone są ilości ciepła Q w kalorjach, użyte na ogrzewanie substancji (wody), zaś wzdłuż osi odciętych osiągnięte podczas ogrzewania temperatury. Zauważamy, że ilość ciepła Q w temperaturze topnienia (t_t) ulega zmianie »skokowej«. W tej temperaturze więc określona ilość ciepła (odpowiadająca długości prostej BC) zostaje zużyta na

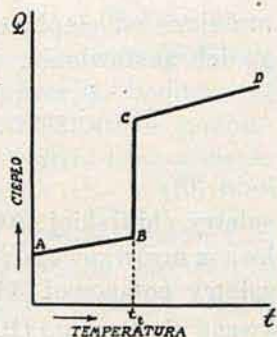
zmianę stanu skupienia (topnienie lodu). Tę ilość ciepła zwiemy ciepłem utajonym topnienia. Wskutek tego linia łamana $ABCD$, przedstawiona na rys. 13, podobna jest do linii $efgh$, przedstawionej na rys. 3 (str. 19). ☒

Pojęcie ciepła utajonego wprowadził do nauki chemik szkocki Joseph Black koło r. 1760. Blackowi też zawdzięczamy pierwsze ilościowe oznaczenia tej wielkości, których dokonał on w sposób tak prosty i pouczający, że należy mu poświęcić słów kilka.

W celu oznaczenia ciepła utajonego topnienia lodu napełnił Black dwa blaszane naczynia jednakowej objętości i kształtu jednakowymi ilościami, jedno wody ciekłej, drugie śniegu. Wstawił do tych naczyń dwa termometry i pozostawił oba naczynia na czas dłuższy w temperaturze topniejącego lodu. Następnie przeniósł oba naczynia do pokoju o stałej temperaturze 20° i obserwował szybkość nagrzewania się wody ciekłej, oraz czas potrzebny na stopienie całej ilości lodu. Przytem znalazł on, że gdy woda wymagała kwadransu do nagrzania się od temperatury 0° do 4° , to czas konieczny do stopienia tej samej ilości lodu wynosił prawie 20 kwadransów. Że zaś w jednostce czasu lód i woda pobrały tę samą ilość ciepła od otaczającego powietrza, przeto ilość ciepła potrzebna do stopienia lodu była prawie 20 razy większa od ilości ciepła potrzebnego do nagrzania tej samej ilości wody o 4° . Z wykonanych w ten sposób pomiarów, obliczył Black ciepło topnienia 1 kg lodu na 77 do 78 Kal. Znacznie późniejsze, dokładne pomiary Re-



Rys. 14.
Oznaczenie ciepła utajonego
topnienia lodu
podług Blacka.



Rys. 13.

Wykres ilości ciepła
zużytych na ogrzewa-
nie i topnienie lodu.

gnaulta oraz fizyków współczesnych wykazały, że ciepło utajone topnienia lodu wynosi 79,67 Kal.

Inne substancje stałe okazują inne, charakterystyczne dla nich ciepła topnienia, ciepła te jednakże są naogół znacznie

mniejsze od ciepła topnienia lodu, jak to widać z następującego ich zestawienia.

CIEPŁO UTAJONE TOPNIENIA (w Kal/kg).

	Q_t		Q_t
lodu (0°)	79,67	platyny (1764°)	27,12
saletry chilijskiej (308°)	62,97	ołowiu (327°)	5,86
kwasu mrówkowego ($-7,5^{\circ}$)	57,38	fosforu ($44,1^{\circ}$)	5,03
saletry potasowej (333°)	47,37	rtęci	2,72
kwasu siarkowego ($10,5^{\circ}$)	24,03	żelaza lanego	33,0
srebra (960°)	21,10	wosku	42,0

Okoliczność, że ciepło topnienia lodu jest jedno z największych, wpływa w sposób bardzo znamieny na ukształtowanie się wielu zjawisk, zachodzących na powierzchni naszego globu. Wobec tego, że dla stopienia 1 kg lodu potrzeba aż 79,67 Kal ciepła, z nadejściem wiosny, gdy pierwsze nastają ciepła, powłoka lodowa, pokrywająca powierzchnię ziemską, topnieje nie nagle, lecz stopniowo, powoli. Gdyby ciepło topnienia lodu było tak małe, jak np. rtęci, t.j. gdyby wynosiło zaledwie 2,72 Kal, z nastaniem ciepła wiosennego lody i śniegi topniałyby nieporównanie (przeszło 25 razy) szybciej, skutkiem czego mielibyśmy gwałtowne powodzie i nawodnienia, obracające wniwecz dzieła pracy ludzkiej i uniemożliwiające wszelki rozwój kultury ludzkiej.

Wobec tego, że woda zawarta w wilgotnych, podmokłych glebach zamarza podczas zimy do głębokości $\frac{1}{2}$ względnie 1 metra, z nastaniem wiosny lód ten musi się naprzód stopić, nim gleba pocznie się nagrzewać powyżej temperatury 0° . Jest to druga okoliczność, opóźniająca nagrzewanie się wilgotnych gruntów.

Jeśli dla stopienia 1 kg lodu, należy mu dostarczyć 79,67 Kal ciepła, to odwrotnie, chcąc zamrozić 1 kg wody w temperaturze 0° , należy mu odebrać owe 79,67 Kal ciepła utajonego. Zatem podczas zamarzania wody wydzielają się owe 79,67 Kal ciepła topnienia. Że jest tak istotnie, możemy się przekonać z łatwością naocznie, wprowadzając na przykładzie wody, którą daje się z trudnością przechładzać w większych ilościach, lecz na przykładzie soli, mianowicie na przykładzie t. zw. tiosiarczanu sodowego. Sól ta, topniejąca w temperaturze $48,16^{\circ}$, daje się z łatwością przechładzać do temperatury pokojowej

i utrzymywać w tym stanie przechłodzenia przez dłuższy czas. Jeśli przeto w stopie tej soli, przechłodzonym do temperatury pokojowej, wywołamy gwałtowną krystalizację, będzie się wydzielalo ciepło topnienia, które temperaturę stopu podniesie szybko do $48,16^{\circ}$ i na poziomie tym będzie utrzymywało dopóty, dopóki cała masa soli nie skrzepnie.

Ciepło utajone topnienia hamuje przeto proces krzepnięcia; corocznie obserwujemy to jesienią, z nastaniem pierwszych mrozów, gdy strumienie, rzeki i jeziora poczynają się zwolna pokrywać powłoką lodową.

Lecz spytajmy się, na co zostaje zużyte owo utajone ciepło topnienia? Otóż zostaje ono zużyte przede wszystkim na pokonanie sił spójności, działających w substancjach stałych i powodujących ich twardość oraz sprężystość. Zostaje ono zużyte na rozdrobnienie tych substancyj — czyli innemi słowy na wykonanie pewnej wewnętrznej pracy mechanicznej, którą zamagazynowuje substancja stopiona.

3. CIEPŁO UTAJONE PAROWANIA.

Podczas wrzenia cieczy chemicznie jednorodnych ich temperatura wrzenia nie zmienia się przez cały czas trwania tego procesu. Fakt ten dowodzi, iż przemiana stanu ciekłego na gazowy, podobnie jak przemiana stanu stałego na ciekły, jest połączona z pochłanianiem pewnych ilości ciepła, zwanych ciepłem utajonem parowania.

Pierwszy Black w r. 1762 próbował oznaczyć ciepło parowania wody w sposób bardzo prosty i poglądowy. Obserwował on czas potrzebny do ogrzania pewnej ilości wody od temperatury pokojowej do temperatury wrzenia, a następnie czas, w którym pewna ilość tejże wody, ogrzanej do temperatury wrzenia, uległa zamianie na parę. Ze stosunku obu tych czasów, oraz stosunku pierwotnej ilości wody do ilości wody odparowanej, otrzymał on na ciepło parowania 1 kg wody w temperaturze 100° 445 do 465 Kal. Późniejsze dokładniejsze pomiary Regnaulta oraz innych fizyków wykazały, że ciepło parowania 1 kg wody w temperaturze 100° wynosi 539,2 Kal.

Woda wykazuje największe ciepło parowania. Ciepła parowania innych substancyj czystych są naogół znacznie mniejsze, jak to widać z następującego ich zestawienia:

CIEPŁO PAROWANIA (Kal/kg).

	Q_p
wody (100°)	539,2 Kal/kg
siarki (316°)	362,0 »
amonjaku (11°)	291,3 »
alkoholu etylowego (78,1°) .	205,1 »
kwasu octowego (118,5°) .	97,0 »
benzenu (80,1°)	92,9 »
rtęci (358°)	71,0 »
chloroformu (60°)	61,1 »

Nadto owe ciepła parowania są zazwyczaj znacznie większe od ciepła topnienia tychże samych substancyj, jak to widać z następujących danych:

SUBSTANCJA	Q_t —CIEPŁO TOPNIENIA	Q_p —CIEPŁO PAROWANIA
woda	79,67 Kal/kg	539,2 Kal/kg
siarka	9,37 »	362,0 »
kwas mrówkowy	57,38 »	120,4 »
benzen	30,38 »	92,9 »
rtęć	2,72 »	71,0 »
brom	16,20 »	43,70 »

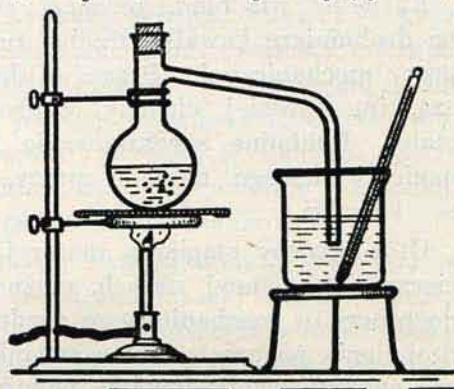
Ciepło parowania zostaje zużyte na rozerwanie związku pomiędzy cząsteczkami cieczy, na pokonanie sił spójności i przyciągania, działających pomiędzy temi cząsteczkami. Innemi słowy, ciepło parowania zostaje zużyte na wykonanie pewnej pracy wewnętrznej.

⊗ Z liczb, przytoczonych w powyższej tabelce, wynika, że ciepło parowania jest znacznie większe od ciepła topnienia. Można stąd wnioskować, że praca, zużywana na pokonanie sił spójności pomiędzy cząsteczkami jest większa podczas parowania cieczy, niż podczas procesów topnienia. ⊗

Praca wewnętrzna, wykonana przez ciepło parowania, magazynuje się trwale w postaci ukrytej w parze, stąd też podczas procesów odwrotnych, mianowicie podczas skraplania pary na ciecz wydziela się ona całkowicie w postaci ciepła skraplania czyli kondensacji, które równa się ciepłu parowania.

Na tem zjawisku opierają się sposoby ilościowego oznaczania ciepła parowania cieczy, znacznie dokładniejsze od bardzo pierwotnej metody Blacka. W tym celu dopro-

wadzamy np. wodę do wrzenia, a następnie parę jej kondensujemy, wprowadzając ją do większej ilości zimnej wody (rys. 15). Znając ciężar wody w zlewce, początkową jej temperaturę oraz przyrost wagi i temperatury, możemy na podstawie tych danych obliczyć ciepło skraplania. Równa się ono otrzymanemu ciepłu, od którego należy odjąć ilość ciepła, wydzielającą się przy ochłodzeniu skroplonej wody do temperatury wrzenia do temperatury wody w zlewce.



Rys. 15.

Oznaczanie ciepła parowania wody.

Jak widzieliśmy, ciepło parowania wody jest większe niż ciepło parowania innych cieczy. Okoliczność ta odgrywa również ważną rolę w ukształtowaniu się wielu zjawisk przyrodzonych, na powierzchni kuli ziemskiej. Mianowicie to wielkie ciepło parowania wody działa hamująco zarówno na szybkość procesu parowania wód morskich i oceanicznych, jak niemniej na szybkość skraplania pary wodnej, unoszącej się w powietrzu atmosferycznym. Oba te procesy mają przebieg dosyć łagodny i powolny, dzięki czemu działanie niwelacyjne oraz destrukcyjne opadów atmosferycznych na stałą powierzchnię skorupy ziemskiej jest tak słabe, że umożliwia człowiekowi jego pracę kulturalną.

Z tego co dotychczas powiedziano o cieple właściwym oraz o cieple topnienia i parowania, okazuje się, że pod względem własności cieplnych i kalorymetrycznych, woda zajmuje stanowisko wyjątkowe pośród wszystkich innych substancyj. Jej ciepło właściwe, ciepło topnienia oraz ciepło parowania jest bądź największem, bądź jednym z największych. Woda jest zarazem cieczą najbardziej rozpowszechnioną w przyrodzie, cieczą występującą na powierzchni kuli ziemskiej w największych ilościach. Dalej dowiemy się, że i pod względem wielu innych własności nie tylko fizycznych, lecz także i czysto chemicznych, woda zajmuje szczególne — niejako wyróżnione stanowisko pośród wszystkich innych materij.

4. ENERGJA, JEJ RODZAJE, ZASADA ZACHOWANIA ENERGJI.

Każdemu wiadomo, że chcąc rozbić kamień lub np. cukier na drobniejsze kawałki, trzeba zużyć na ten cel pewną ilość pracy mechanicznej. Praca ta będzie oczywiście tem większą, im bardziej chcemy rozdrobić dany kawałek materji stałej. Dokładne sproszkowanie będzie wymagało nieporównanie większego nakładu pracy, aniżeli rozbicie na grubsze kawałki.

Otóż procesy stapiania materji stałych, procesy parowania cieczy i substancyj stałych, można w istocie swej przyrównać do procesów mechanicznego rozdrabniania. Są to jednak rozdrabnienia posunięte nieporównanie dalej aniżeli najdokładniejsze sproszkowania, bowiem podczas procesów topnienia i parowania siły spójności najdrobniejszych cząstek materji zostają w przeważnej części lub całkowicie zniszczone i pokonane. Tę pracę rozdrabniania w procesach topnienia i parowania wykonywa ciepło.

Z doświadczenia codziennego wiadomo nam z drugiej strony, że podczas wykonywania jakiejkolwiek pracy mechanicznej, praca ta zamienia się ostatecznie na ciepło. Jeśli wiercimy świdrem dziurę w drzewie, to zarówno świder jak i drzewo ogrzewają się przytem. Podobnie podczas obrabiania pilnikiem sztaby żelaznej nagrzewa się zarówno pilnik, jak i owa sztaba. Z drugiej strony obserwujemy również codziennie jak z ciepła powstaje praca, widzimy, jak maszyny parowe pracują kosztem ciepła dostarczanego im przez spalanie węgla, widzimy jak owo ciepło porusza lokomotywy, ciągnące wozy kolejowe i t. p.

Zatem ciepło i praca przedstawiają w istocie swej coś jednoznacznego, zamiennego, — przedstawiają różne postacie tegoż samego jestestwa, podobnie jak lód, woda i para przedstawiały różne postacie tej samej materji, zwanej wodą. Owo jestestwo, mogące występować jako ciepło i praca, zwiemy powszechnie energją czyli zdolnością do wykonywania pracy.

To pojęcie energii zaczerpnęliśmy z doświadczenia życia codziennego, podobnie jak i pojęcie pracy. W życiu codziennem bowiem wykonywanie różnych czynności, polegających na poruszaniu ciał, połączone z równoczesnem przewyciężaniem

oporów, zwiemy pracą fizyczną. Mówimy o człowieku, podnoszącym ciężary lub piłującym drzewo, o koniu ciągnącym wóz po nierównej drodze, że obaj pracują, czyli wykonują pracę. Zdolność ich do wykonywania pracy zwiemy energią. W miarę wykonywania pracy zdolność ta wyczerpuje się, a ilość pracy mogącej być jeszcze wykonaną zmniejsza się. Energię przeto możemy uważać za pewien zasób zdolności do pracy, nagromadzony w organizmie człowieka, a wydawkowany nazewnątrż podczas pracowania.

Wiadomo również, że w miarę wykonywania pracy, wraz ze zmniejszeniem się zasobu wewnętrznej naszej energii, odczuwamy zmęczenie, oraz coraz silniejsze pragnienie wypoczynku i posiłku. Chwilowy wypoczynek zwłaszcza, a jeszcze skuteczniej jeżeli połączony jest z posiłkiem, przywraca nam uprzednią energję, czyli zdolność do dalszej pracy. Pracę zewnętrzną zatem wykonywaliśmy kosztem energii, czerpanej z pożywienia.

Podobnie jak człowiek i zwierzę, tak samo i każda maszyna wykonywa pracę kosztem energii dostarczanej jej z zewnątrz. I tak maszyny parowe, parowozy, samochody, samoloty pracują kosztem ciepła dostarczanego im przez spalanie węgla, ropy lub benzyny. Wozy tramwajowe, warsztaty fabryczne wprowadzane są w ruch i pracują kosztem energii elektrycznej, wytwarzanej w elektrowniach z ciepła spalania węgla lub innych rodzajów paliwa.

Widzimy przeto, że praca nie powstaje z niczego, ażeby móc ją wykonywać, należy jednocześnie zużyć coś innego, co zwiemy energją. W omawianych przykładach owej energii dostarczało bądź pożywienie robotnika, bądź też ciepło spalania węgla.

Najbardziej nieokrzesany człowiek rozumie dzisiaj, że praca nie daje się z niczego stworzyć, bowiem każda praca kosztuje, czyli wymaga pewnej rekompensaty. Do tej prawdy doszła jednak ludzkość dopiero drogą tysiącoletnich doświadczeń i wyników napozór bezpłodnych. Jeszcze niezbyt odległe są te czasy, gdy całe zastępy zdolnych mechaników, konstruktorów i wynalazców trawiło swe życie na obmyśleniu i zbudowaniu t. zw. perpetuum mobile, czyli wiecznego ruchadła, t. j. takiego mechanizmu, który miał się poruszać bez żadnego nakładu pracy, który innemi słowy miał stwarzać energję z niczego.

Dopiero niemożność zbudowania perpetuum mobile przekonała ludzkość o tem, że praca nie daje się z niczego stworzyć. Nie daje się ona również unicestwić, w każdym bowiem przypadku, gdy pewna ilość pracy zostaje wykonana, gdy pozornie znika, otoczenie nasze ulega zmianie. Zazwyczaj zmienia się temperatura owego otoczenia, a więc zmienia się jego zasób ciepła.

Zatem energja, czyli zdolność do wykonywania pracy jest niestwarzalna i niezniszczalna. Jej zasób we wszechświecie jest stały i niezmienny.

Pod tym względem energja wykazuje wielkie podobieństwo do materji. Tak, jak nie jesteśmy w stanie ani stworzyć ani też zniszczyć materji, a tylko możemy zmienić jej cechy i własności, tak samo i energja przedstawia sobą jestestwo trwałe i niezniszczalne, mogące zmieniać tylko swą postać, swe cechy znamienne.

Tę zasadę zachowania energii, tkwiącą nieświadomie już w rozumowaniach spekulacyjnych filozofów starożytnej Grecji, zarówno jak i w teoretycznych wywodach sławnych matematyków i mechaników XVII i XVIII stulecia, wypowiedział po raz pierwszy w r. 1841 w sposób jasny i konkretny młody lekarz niemiecki Julius Robert Meyer, a współczesny mu piwowar angielski James Joule oznaczył po raz pierwszy w r. 1843 t. zw. równoważnik mechaniczny ciepła. Późniejsze, znacznie dokładniejsze badania fizyków współczesnych wykazały, że jedna wielka kaloria ciepła (1 Kal) jest równoważna pracy 426,3 kilogramometrów. (kgm).

Fizyka rozróżnia cały szereg postaci energii i dzieli je na następujące 3 grupy.

I. Energie mechaniczne, obejmujące:

- 1) energję ruchu czyli energję kinetyczną, występującą np. w toczącej się kuli bilardowej, kuli armatniej lub lawinie śnieżnej;
- 2) energję położenia (potencjalną), nagromadzona w masach ciężkich;
- 3) energję powierzchniową, właściwą błonom rozpiętym;
- 4) energję objętościową, występującą w gazach ściśniętych.

II. Energje eteru, do których zalicza się:

- 1) energję elektryczną, występującą np. w naładowanej butelce lejdejskiej, baterji galwanicznej lub dynamaszynie;
- 2) energję magnetyczną, występującą np. w zwojach elektromagnesu;
- 3) energję promienistą światła, promieniowania cieplnego, fal elektrycznych lub promieni rentgenowskich.

III. Energje wewnętrzne, a mianowicie:

- 1) energję cieplną, np. palenisk, słońca;
- 2) energję chemiczną, czyli energję wewnętrzną substancyj chemicznie jednorodnych lub ich mieszanin.

Z doświadczenia osobistego wiemy, że wydatki pracy mechanicznej ponoszone na przewyciężanie oporów są tem większe, im większymi są opory, a również im dłuższą jest droga, wzdłuż której opory mają być pokonane. Dokładne pomiary wykazały, że praca wzrasta proporcjonalnie zarówno do oporów jak i długości drogi, jest ona przeto proporcjonalną do iloczynu z oporu przez drogę. Ogólniej możemy przeto powiedzieć, że wielkość pracy mechanicznej wyraża się iloczynem z siły przez drogę, na której ona działała ($A = f \cdot \Delta l$)

Podobnie praca wydatkowana na rozciągnięcie np. błony kauczukowej daje się wyrazić iloczynem z napięcia tej błony przez zwiększenie jej powierzchni ($A = \gamma \cdot \Delta S$), praca zaś wykonana przy ściskaniu gazów iloczynem z ciśnienia przez zmianę objętości ($A = p \cdot \Delta v$).

W podobny sposób można wyrazić inne rodzaje energii pod postacią iloczynów z dwóch czynników, z których jeden zowiemy napięciem lub nateżeniem danej energii, drugi zaś jej pojemnością. A zatem będziemy mieli:

w wypadku energii mechanicznej:	$A = f \cdot \Delta l$
» » powierzchniowej:	$A = \gamma \cdot \Delta S$
» » objętościowej:	$A = p \cdot \Delta v$

Przenosząc ten wynik na wszelkie inne rodzaje energii, otrzymamy następującą tablicę czynników energii.

Rodzaj energii	jej natężenie	jej pojemność
potencjalna (położenia)	siła ciężenia	wysokość
kinetyczna	szybkość	wielkość ruchu
powierzchniowa	napięcie	powierzchnia
objętościowa	ciśnienie	objętość
cieplna	temperatura	entropja (pojemność cieplna)
elektryczna	potencjał elektryczny	pojemność elektryczna
promienista	częstość drgań	entropja promieniowania
chemiczna	potencjał chemiczny	masa

Z tych dwóch czynników energii, jedynie tylko natężenie decyduje o kierunku przebiegu zjawisk w przyrodzie. Wiadomo bowiem, że woda płynie samorzutnie tylko z góry na dół, czyli z miejsc o większym natężeniu potencjału grawitacyjnego do miejsc o natężeniu mniejszym. Podobnie, jeśli połączyć ze sobą dwa naczynia wypełnione powietrzem pod różnym ciśnieniem, to powietrze będzie póty przepływało z naczynia o większym ciśnieniu do naczynia o mniejszym ciśnieniu, dopóki prężności powietrza w obu naczyniach nie wyrównają się. To samo zajdzie, jeśli zetkniemy ze sobą dwa ciała o różnym potencjale cieplnym, czyli o różnej temperaturze. Ciepło będzie póty przechodziło od ciała gorącego do zimnego, podnosząc temperaturę tego ostatniego, dopóki nie nastąpi wyrównanie istniejących różnic temperatury. Elektryczność również przechodzi samorzutnie ze zbiorników o wysokim potencjale do zbiorników o potencjale niskim.

Widzimy więc, że w przyrodzie zachodzą samorzutnie tylko tego rodzaju procesy i zjawiska, którym towarzyszy wyrównywanie różnic natężeń energii, innemi słowy takie zjawiska, którym towarzyszy przepływ energii od układów o wysokim potencjale do układów o potencjale niskim.

Procesy odwrotne są to procesy wymuszane — zjawiska, wymagające nakładu pracy. Nakładu pracy wymaga prze-

pompowywanie wody ze zbiornika niżej położonego do zbiornika położonego wyżej, tak jak wydatku pracy wymaga przeprowadzenie ciepła z ciała zimnego do ciała gorącego.

5. ROZPRASZANIE ENERGJI. ENERGJA WOLNA.

Samorzutne, jednokierunkowe, nieodwracalne procesy przyrodzone, polegające na wyrównywaniu istniejących różnic potencjałów energii, prowadzą do t. zw. rozproszenia energii, czyli zatury jej zdolności przechodzenia w inne postacie energii, w szczególności do zatury jej zdolności wykonywania pracy mechanicznej.

⊗ Wyobraźmy sobie świat, zamknięty w sobie, w którym wszystkie czynniki natężenia wszelakich rodzajów energii zdążyły się wyrównać. W tym świecie żadne zjawiska zachodziłyby już nie mogły. Panowałby tam absolutny spokój. Przestałyby się odbywać wszystkie ruchy ciał. Nastąpiłaby zupełna równowaga wszystkich rodzajów energii. ⊗

⊗ Z fizyki wiadomo, że każdej samorzutnej zmianie układu, polegającej na przejściu jakiegokolwiek energii od wyższego stopnia natężenia do niższego, towarzyszą zwykle zmiany innych rodzajów energii danego układu. Jeżeli np. elektryczność płynie ze zbiornika o wyższym potencjale elektrycznym do zbiornika o niższym potencjale (np. z dynam maszyny do ziemi), to mogą występować zjawiska mechaniczne, np. ruch w motorach elektrycznych, światło w lampkach żarowych, lub ciepło w piecach elektrycznych. Podobnie zauważyć możemy zjawiska cieplne, świetlne, elektryczne lub mechaniczne podczas wyrównywania się potencjału chemicznego w zjawiskach chemicznych, podczas zmian stanu magnetycznego żelaza i innych metali, wogóle podczas wszelkich zjawisk, odbywających się samorzutnie w przyrodzie. ⊗

⊗ Najczęściej jednak w technice współczesnej stosujemy zjawiska samorzutne, odbywające się podczas przepływu ciepła ze zbiornika o temperaturze wyższej do zbiornika o niższej temperaturze. Zjawiska tego rodzaju zachodzą w każdym silniku cieplnym, w szczególności zaś w maszynach parowych. W maszynach tych para ulatnia się w kotle, w temperaturze powyżej 100°, pochłaniając pewną ilość ciepła i skrapla się w kondensatorze w zwykłej temperaturze (od 20° do 40°), oddając znaczną część ciepła, pochłoniętego podczas parowania

wody. W ten sposób podczas pracy maszyny parowej pewna ilość ciepła »płyń« ze zbiornika o wyższej temperaturze (kotła) do zbiornika o temperaturze niższej (kondensatora). Podczas tego przepływu para wykonywuje w cylindrze pracę mechaniczną, poruszając tłoki i wprawiając w ruch koła obrotowe. W ten sposób część ciepła zamienia się w pracę.

Że ta przemiana ściśle związana jest ze spadkiem temperatury pewnej ilości ciepła, dowiódł po raz pierwszy w roku 1824 młody, genialny francuski inżynier Sadi Carnot. ☒

☒ Przedstawmy sobie maszynę, która potrafiłaby zużytkować ciepło stałej temperatury celem jego przemiany w energję ruchu. Maszyna taka umieszczona na okręcie, mogłaby korzystać z nieobliczalnych ilości energii cieplnej, znajdujących się w wodach oceanu, aby poruszać śrubę lub koła okrętowe. Oczywiście maszyna taka stanowiłaby pewnego rodzaju perpetuum mobile. Nie przeczyłoby coprawda to perpetuum mobile zasadzie zachowania energii (jak perpetuum mobile pierwszego rodzaju, opisane na str. 43), gdyż energia ruchu byłaby otrzymana z energii cieplnej. Ale przeczyłaby taka maszyna innej zasadzie, wypowiedzianej powyżej, że »dziać się« może cokolwiek tylko wtedy, gdy istnieje pewna różnica natężenia danego rodzaju energii. ☒

☒ Pierwszy Sadi Carnot wygłosił tę ważną zasadę. Jej konsekwencje okazały się w następstwie tak doniosłe dla teoretycznego ujmowania zjawisk fizycznych i chemicznych, że zasada ta, zwana »drugą zasadą termodynamiki«, narówni z zasadą zachowania energii, stanowi podstawę naszego poglądu na całokształt zjawisk we wszechświecie. ☒

☒ On też udowodnił (na zasadzie nieziszczalności »perpetuum mobile drugiego rodzaju«), że największą ilość pracy w danych warunkach temperatury otrzymamy wtedy, gdy wszystkie procesy danej maszyny będą całkowicie odwracalne. Ta więc praca, otrzymywana w procesach odwracalnych, nie zależy od szczególnych właściwości (konstrukcji) samej maszyny, ani od charakteru substancji, przenoszącej ciepło. Jest to więc stała wielkość, charakterystyczna dla danego procesu. Tę pracę zwiemy »pracą maksymalną danego zjawiska«. ☒

Ta część energii cieplnej, zarówno jak i każdej innej ener-

gji, która w danych warunkach doświadczalnych daje się całkowicie zamienić na pracę mechaniczną — zowie się energją wolną (użytkową), można ją bowiem poddać dowolnym zupełnym przemianom.

Jeśli kamień, wyniesiony na wysokość 1000 metrów nad poziom morza, spada z tej wysokości do poziomu morskiego, to tylko część całkowitej jego energii potencjalnej zamienia się przytem na energję kinetyczną, czyli energję ruchu. Cały zasób jego energii potencjalnej zamieniłby się wówczas tylko na energję kinetyczną, gdyby ów kamień spadł do środka ziemi. Podobnie rzecz się ma i z energją cieplną. Ciepło zamieniałoby się całkowicie na pracę mechaniczną tylko wtedy, gdybyśmy mogli obniżyć jego temperaturę do poziomu zera bezwzględnego, t. j. do -273° .

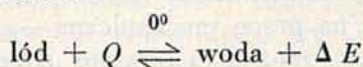
W zjawiskach przyrodzonych obserwujemy tylko przemiany energii wolnej — energii czynnej. Pozostała część energii, zawartej w układach ulegających przekształceniu, nie ulega przemianie, nie wchodzi w rachubę, jest przeto niejako martwym balastem tych zjawisk.

6. ENERGJA PROCESÓW CHEMICZNYCH.

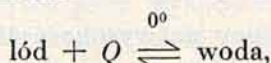
Rozpatrywaliśmy uprzednio efekty cieplne, towarzyszące procesom przemiany stanu skupienia materji. Wiemy przeto, że celem stopienia 1 kg lodu w temperaturze 0° należy dostarczyć mu 79,67 Kal ciepła. Ta ilość ciepła zostaje zmagazynowana w ciekłej wodzie i może być z niej otrzymana z powrotem, jeśli wodę zestalimy. Ze względu na to, iż ciepło topnienia nie wpływało na temperaturę ciał stapianych, nie udawało się wykazać zapomocą termometru, nazwano je w swoim czasie utajonem ciepłem topnienia. Nazwa ta jest niewłaściwa i błędna, albowiem owo ciepło topnienia nie znajduje się w substancjach stopionych pod postacią energii cieplnej, lecz w innej postaci, ściśle związanej z danym gatunkiem materji, — mianowicie pod postacią jej energii wewnętrznej, zwanej energją chemiczną.

Jeśli przeto oznaczyć przez Q ciepło topnienia lodu, przyrost zaś energii chemicznej wody przy przejściu jej ze stanu stałego w stan ciekły przez ΔE , to proces ten możnaby wyrazić

symbolicznie równaniem

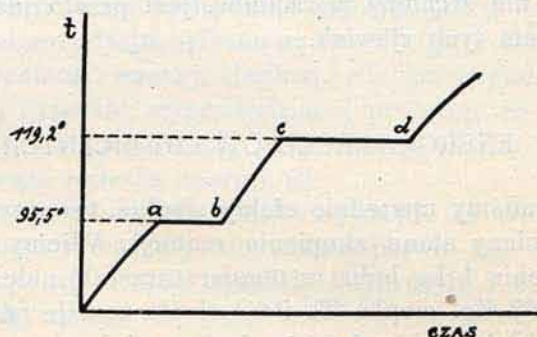


lub poprostu równaniem



a to z tego względu, że przyrost energii ΔE jest trwale związany ze zmianą stałego stanu skupienia wody na stan ciekły.

Podobnie rzecz się ma i z innymi przemianami materji, nie tylko ze zmianami stanu skupienia. Gdybyśmy np. powoli ogrzewali kryształy siarki rombowej, temperatura tych kryształów wzrastałaby w sposób ciągły tylko do $95,5^{\circ}$. Na tym, poziomie zatrzymałaby się ona przez pewien czas, przyczem zauważylibyśmy przemianę owych kryształów rombowych na kryształy monokliniczne, czyli jednoskośne. Dopiero po tej przemianie temperatura siarki wzrastałaby w dalszym ciągu w sposób ciągły aż do $119,2^{\circ}$, w której to temperaturze



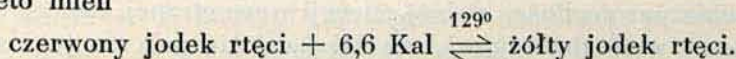
Rys. 16.

Wykres wzrastania temperatury siarki podczas jej ogrzewania: prosta ab odpowiada temperaturze przemiany ($95,5^{\circ}$), prosta cd temperaturze topnienia ($119,2^{\circ}$).

siarka jednoskośna ulega stopieniu. Procesowi przeto przemiany siarki rombowej na siarkę jednoskośną towarzyszy pochłanianie pewnej ilości ciepła, wynoszącej 2,69 Kal na 1 kg siarki. Zatem i ten proces, zwany przemianą polimorficzną, można wyrazić zapomocą analogicznego równania symbolicznego

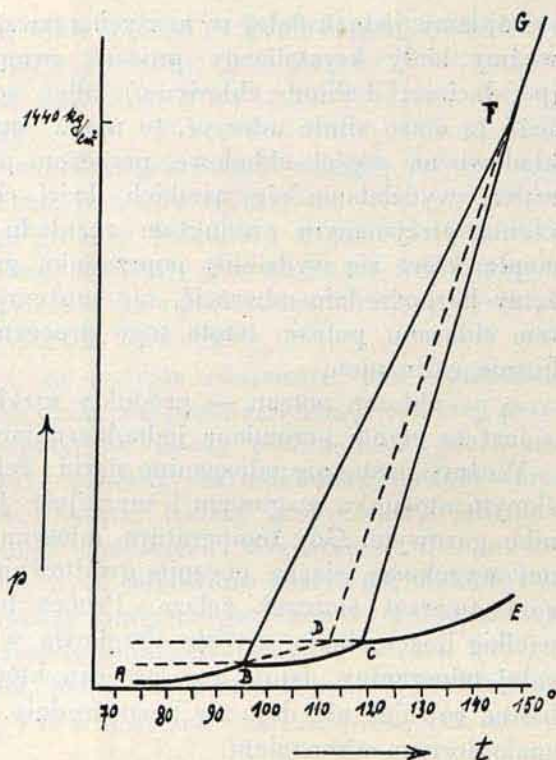


Podobnie jak procesy przemiany stanu skupienia, przemiany polimorficzne są całkowicie odwracalne, t. j. zachodzą zarówno w danym kierunku jak i w odwrotnym. Tę właściwość procesów polimorficznych można wykazać na przykładzie czerwonego jodku rtęciowego, który w temperaturze 129° ulega przemianie na żółty jodek, przy czym przemiana ta jest połączona z pochłanianiem 6,6 Kal ciepła na 1 kg jodku, oraz ze zmianą zabarwienia. Symbolicznie będziemy przeto mieli



⊗ Inny przykład przemiany odwracalnej stanowi brunatny gaz, zwany dwutlenkiem azotu (zbadany przez E. i W. Natansonów). Jeżeli tym gazem napelnimy dwie rurki szklane o średnicy 2 cm i zatopimy ich końce, to w temperaturze pokojowej obie będą posiadały oczywiście jednakowe zabarwienie, żółto-brunatne. Skoro następnie jedną z tych rurek ogrzejemy (zapomocą palnika Bunsena), to kolor jej stanie się ciemno-brunatnym, prawie czarnym. Po ochłodzeniu rurka ta znów przyjmie pierwotną barwę. Zjawisko to wyrazić możemy zapomocą równania:

dwutlenek azotu żółty + 58,69 Kal \rightleftharpoons dwutlenek azotu brunatny, ponieważ przemiana ta wymaga nakładu ciepła, wynoszącego 58,69 Kal na 1 kg żółtego dwutlenku azotu. ⊗



Rys. 17.

Krzywe prężności pary siarki (AB—krzywa prężności pary siarki rombowej, BC—jednośkośnej, CE—ciekłej).

Pójdźmy jednak dalej w naszych rozważaniach. W tym celu weźmy biały krystaliczny proszek zwany chloranem potasu (po łacinie: kalium chloricum) albo solą Bertholleta. Jeśli tę masę silnie uderzyć, to ulega ona gwałtownemu rozkładowi na części składowe, przyczem procesowi temu towarzyszy wydzielanie się wielkich ilości ciepła. Przez dostarczenie otrzymanym produktom rozkładu tych samych ilości ciepła, które się wydzieliliły poprzednio, procesu tego nie możemy bezpośrednio odwrócić, nie możemy otrzymać z powrotem chloranu potasu. Istota tego procesu wyrazi się symbolicznie równaniem

chloran potasu \rightarrow produkty rozkładu + Q

Jest to przeto przemiana jednokierunkowa, nieodwracalna.

Weźmy następnie mieszaninę siarki i żelaza w pewnym określonym stosunku wagowym i zacznijmy ją nagrzewać na palniku gazowym. Gdy temperatura mieszaniny dojdzie do pewnej wysokości, siarka pocznie gwałtownie łączyć się z żelazem, tworząc siarczek żelaza. Proces ten również wydzielą wielkie ilości ciepła, co się przejawia w silnem rozżarzeniu całej mieszaniny. Istota tego procesu, który praktycznie rzeczy biorąc również nie daje się bezpośrednio odwrócić, wyrazi się analogicznym równaniem:

siarka + żelazo \rightarrow siarczek żelaza + Q .

Z powyższych doświadczeń i rozważań wynika, że podobnie jak żółty jodek rtęciowy, tak samo i chloran potasu zawiera w sobie pewne ilości wolnej energii wewnętrznej, energii chemicznej, wyswabadzającej i uwalniającej się podczas jego rozkładu pod postacią ciepła. Również i układ, wytworzony przez zmieszanie siarki z żelazem, zawierał w sobie w stanie ukrytym wielki zasób wolnej energii chemicznej, wydzielającej się nazewnątrż pod postacią ciepła podczas procesu wzajemnego łączenia się wymienionych dwóch substancyj.

Każda zatem jednorodna substancja chemiczna, zarówno jak i każdy układ, złożony z różnych substancyj, może zawierać znaczne ilości wolnej energii wewnętrznej, czyli energii chemicznej. Podczas procesów przemiany fizycznej, zarówno jak i podczas zjawisk chemicznych, owa wolna energia chemiczna wyswabdza się, ulegając przemianie bądź na energję cieplną, bądź na energję świetlną i elektryczną, bądź wreszcie na pracę mechaniczną.

Istota zjawisk chemicznych polega przeto na przemianach materji oraz na towarzyszących tym przemianom zmianach zasobu wolnej energii wewnętrznej.

Podczas procesów chemicznych wolna energia wewnętrzna, czyli energia chemiczna, jest albo wydzielana albo pochłaniana. Zależnie od tego procesy połączone z wydzielaniem wolnej energii chemicznej zowiemy procesami egzoenergetycznymi, połączone zaś z pochłanianiem energii — procesami endoenergetycznymi.

Ze względu na to, że energia chemiczna jest wydzielana lub pochłaniana przeważnie pod postacią energii cieplnej, przeto procesy egzoenergetyczne zowią powszechnie procesami egzotermicznymi, procesy zaś endoenergetyczne — procesami endotermicznymi. Nazwy te nie oddają jednakże wiernie energetycznego charakteru wszystkich obserwowanych procesów chemicznych, albowiem zdarza się niekiedy, że procesy w gruncie rzeczy endoenergetyczne — przedstawiają się jako procesy egzotermiczne, obserwujemy w nich bowiem wydzielanie się ciepła, jednakże jednocześnie są pochłaniane inne rodzaje energii i to w ilościach znacznie większych od wydzielanego ciepła.

Z tego też względu częstokroć słuszniej jest używać nazw, procesy egzoenergetyczne i endoenergetyczne zamiast nazw procesy egzotermiczne i endotermiczne. Na przyszłość będziemy jednak używali naogół tych ostatnich nazw, gdyż przeważnie, aczkolwiek nie we wszystkich wypadkach, nazwy te oznaczają tenże sam kierunek zmian zasobów energii wewnętrznej.

Otóż co się tyczy tych procesów egzo- i endoenergetycznych, to można o nich ogólnie powiedzieć, iż w przyrodzie, zwłaszcza zaś na powierzchni globu naszego zachodzą i przebiegają w zwykłych warunkach samorzutnie, czyli same przez się — prawie wyłącznie procesy egzoenergetyczne. Natomiast procesy endoenergetyczne, procesy przymuszone, zachodzą tylko w pewnych szczególnych warunkach samorzutnie, — zwłaszcza w temperaturach wysokich.

W temperaturach niskich dominują przeto procesy egzoenergetyczne, w temperaturach zaś bardzo wysokich procesy endoenergetyczne.

✱ Energia chemiczna, wydzielająca się nazewnątrz podczas

procesów chemicznych, odgrywa dominującą rolę zarówno w przemyśle, jako też w gospodarstwie domowym, wreszcie w gospodarstwie energetycznym wszelakich jestestw żyjących. Doniosłość praktyczna energii chemicznej polega przede wszystkim na tem, że ze wszystkich rodzajów energii ten najlepiej nadaje się do przechowywania i do przenoszenia z miejsca na miejsce. Korzystamy więc z tej właściwości energii chemicznej, posilując się spalaniem węgla w celu poruszania parowców, lub spalając benzynę w silnikach samolotów. Żaden inny rodzaj energii nie nadawałby się do tego celu. ☒

☒ Zaznaczyć należy, że reakcyj spalania węgla, drzewa, nafty albo benzyny nie wykonywamy bynajmniej w celu otrzymania pewnych produktów tych reakcyj. Przeciwnie, produkty spalania (dwutlenek węgla i parę wodną) wyrzucamy zapomocą specjalnych urządzeń (kominów). Mamy przeto na widoku inny cel, mianowicie uwolnienie zasobów energii chemicznej, nagromadzonych w materiałach palnych przed wiekami pod działaniem energii promieniowania słońca. ☒

☒ W tym samym celu każde zwierzę wchłania pokarm, który jest dla niego tem, czem węgiel dla maszyny parowej. Jednakże procesy chemiczne, odbywające się w organizmach, są daleko zawilsze, niż zjawiska spalania węgla albo innych ciał palnych i dotąd jeszcze nie całkowicie wyjaśnione. Ogólnikowo więc tylko powiedzieć możemy, że energia chemiczna substancyj pokarmowych i tlenu jest źródłem zarówno ciepła, jakoteż pracy, wykonywanej przez organizm. W następnych rozdziałach jeszcze niejednokrotnie zajmować się będziemy temi zjawiskami, stanowiącemi treść zagadnienia »życia i śmierci«. ☒

IV. ROZTWORY.

1. ZJAWISKA ROZPUSZCZANIA.

Jeśli wrzucić kryształ soli kamiennej lub cukru do wody, to w zetknięciu z wodą substancje te przechodzą samorzutnie w stan ciekły i mieszają się z wodą, tworząc ciecz fizycznie jednorodną zwane roztworami. Roztwory powstają nie tylko przez rozpuszczanie w cieczach substancyj stałych, ale również i substancyj ciekłych oraz gazowych. Mamy przeto roztwory ciał stałych w cieczach, roztwory cieczy w cieczach, oraz roztwory gazów w cieczach.