

221

DR. STANISŁAW TOŁŁOCZKO

PROFESOR CHEMII UNIwersYTETU J. K. WE LWOWIE

CHEMJA

W ZAKRESIE WIADOMOŚCI POCZĄTKOWYCH

Z 145 RYCINAMI W TEKŚCIE



Cena zł. 3.—

LWÓW

WYDAWNICTWO ZAKŁADU NARODOWEGO IMIENIA OSSOLIŃSKICH

1928



196974

WSZELKIE PRAWA AUTORSKIE WRAZ Z RYSUNKAMI ZASTRZEŻONE

Z Drukarni Zakładu Narodowego imienia Ossolińskich we Lwowie
pod zarządem Kazimierza Figwera

Bib. WSP

1980-D

216-8

54(025)



SPIS RZECZY.

	Str.
Rozdz. I. Ogólne cechy materji	1—12
1. Co to jest materja?	1
2. Po czem poznajemy materję: ciężar, ciśnienie, ciągnienie	1
3. Jak mierzymy ciężary	3
4. Waga sprężynowa	4
5. Waga dźwigniowa równoramienna	4
6. Tarowanie	6
7. Ważenie	6
8. Ciężar a masa	7
9. Ciężar a objętość: ciężar właściwy, objętość właściwa	7
10. Materja a przestrzeń przez nią zajmowana	9
11. Opór środowiska: tarcie	10
12. Zestawienie treści rozdziału	11
 Rozdz. II. Fizyczne własności powietrza. — Stany skupienia materji	 12—30
1. Istnienie powietrza	12
2. Powietrze a objętość przezeń zajmowana	13
3. Pompa powietrzna	16
4. Zmiany objętości powietrza od ogrzania lub oziębienia	17
5. Ruch ciał w powietrzu	19
6. Ciężar powietrza	20
7. Ciśnienie powietrza	22
8. Barometr	24
9. Zestawienie własności powietrza	26
10. Stany skupienia materji (parowanie, wrzenie)	27
 Rozdz. III. O powietrzu, jego oddziaływaniu i składzie.	 31—53
1. Zachowanie się metali w powietrzu	31
2. Zużycie powietrza przez rdzewienie metali	34
3. Główne składniki powietrza	35

	Str.
4. Zużycie powietrza przy paleniu	36
5. Zużycie powietrza przy oddychaniu	38
6. Reakcje chemiczne	40
7. Ciała złożone a pierwiastki	42
8. Otrzymywanie i własności tlenu	45
9. Kwasy i zasady	49
10. Symbole i wzory chemiczne	51

Rozdz. IV. O wodzie, jej oddziaływaniu i składzie . . . 54—77

1. — Woda jako rozpuszczalnik	54—67
1. Roztwory	54
2. Przygotowanie roztworów	55
3. Sączenie	55
4. Roztwory nasycone i nienasycone	56
5. Rozpuszczalność a temperatura	58
6. Krystalizacja z roztworów	60
7. Rozpuszczalność cieczy w wodzie	61
8. Rozpuszczalność gazów w wodzie	62
9. Rola wody jako rozpuszczalnika w przyrodzie. — Wody naturalne	64
2. — Woda dystylowana	67—70
1. Dystylacja	67
2. Własności wody dystylowanej	68
3. — Wodór	70—75
1. Otrzymywanie wodoru z wody	70
2. Otrzymywanie wodoru z kwasów	71
3. Własności wodoru	72
4. Zastosowanie i występowanie wodoru	74
4. — Sole	76—77
1. Powstawanie soli działaniem metalu na kwas	75
2. Powstawanie soli przez zobojętnienie kwasów zasadami	76

Rozdz. V. Skorupa ziemska. — Jej najważniejsze składniki i ich użytkowanie 78—120

1. — Sól kamienna i jej użytkowanie	78—83
1. Sól kamienna w przyrodzie	78
2. Kwas solny	82
2. — Siarka i jej połączenia	83—89
1. Siarka w stanie wolnym	83
2. Kwas siarkawy i siarkowy	86
3. Siarczki i siarkowodór	88

	Str.
3. — Siarczki naturalne i ich zużytkowanie	90—93
1. Kruszcze albo rudy	90
2. Siarczek żelaza	90
3. Siarczek ołowiu	91
4. Siarczek cynku	92
5. Siarczek miedzi	93
4. — Rudy żelazne. — Fabrykacja żelaza	93—100
1. Rudy żelaza	93
2. Żelazo surowe	94
3. Żelazo kowalne	98
4. Stal	99
5. — Kwarzec	100—106
1. Krzemionka	100
2. Połączenia krzemionki	103
3. Szkło	104
6. — Wapień	106—114
1. Węglan wapnia	106
2. Naturalne węglany wapnia	108
3. Wapno palone	112
4. Zaprawa murarska	113
5. Cement	114
7. — Granit	114—120
1. Własności i skład granitów	114
2. Skały wybuchowe i osadowe	117
Rozdz. VI. Węgiel i związki węglowe	121—166
1. — Węgiel jako składnik ciał organicznych	121—136
1. Skład ciał organicznych	121
2. Skąd organizmy czerpią węgiel	122
3. Węgiel jako pierwiastek	124
4. Produkty spalenia węgla: tlenek i dwutlenek węgla	126
5. Węgłe kopalne	127
6. Sucha dystalacja materiałów węglowych	127
7. Produkty suchej dystalacji węgla kamiennego	129
8. Fabrykacja koksu i gazu świetlnego	131
9. Pochodzenie i występowanie węgla naturalnych	134
2. — Węglowodory. — Ropa naftowa	136—143
1. Metan	136
2. Ropa naftowa	138
3. Produkty naftowe	139
4. Występowanie i wydobywanie ropy	140
5. Inne węglowodory	141

	Str.
3. — Węglowodany	143—159
1. Skład chemiczny	143
2. Cukry	144
3. Fabrykacja cukrów	146
4. Skrobia czyli mączka	147
5. Fermenty	150
6. Napoje alkoholowe	151
7. Węglowodany jako pokarm	154
8. Błonnik czyli celuloza	157
4. — Tłuszcze	159—162
1. Własności ogólne tłuszczów	159
2. Własności chemiczne	160
3. Kwasy tłuszczowe	161
4. Mydła	161
5. Znaczenie i zastosowanie tłuszczów	162
5. — Białka	163—166
1. Własności ogólne ciał białkowych	163
2. Rodzaje białek. — Pokarmy białkowe	164
3. Zużytkowanie białek	165
Rozdz. VII. Gleba	167—185
1. — Czem jest gleba i jak powstała gleba	167—171
1. Co nazywamy glebą	167
2. Powstawanie gleby	168
3. Gleba jako produkt zwietrzenia	171
2. — Składniki gleby	171—173
1. Woda	171
2. Próchnica	171
3. Piasek	172
4. Gлина	173
3. — Rodzaje gleb	173—174
1. Gleby piaszczyste	173
2. Gleby gliniaste	173
3. Gleby marglowe	174
4. Gleby próchnicowe	174
4. — Gleba jako źródło pokarmu	174—176
1. Główne składniki materji roślinnej	174
2. Pierwiastki przyswajalne z powietrza	175
3. Pierwiastki przyswajane z gleby	176
5. — Rola wody w odżywianiu roślin	176—178
1. Woda jako rozczynnik dla pokarmu	176
2. Wyparowywanie wody z roślin i gleby	176

	Str.
3. Kultury wodne	177
4. Zestawienie i wnioski	178
6. — Zasoby pokarmowe gleby	178—182
1. Zasoby pokarmowe gleby wogóle	179
2. Azot i jego krążenie w przyrodzie	179
3. Asymilacja azotu z powietrza	180
4. Fosfor w glebie	181
5. Potas w glebie	181
7. — Nawozy	182—185
1. Potrzeba nawożenia gleby	182
2. Rodzaje nawozów	183

ROZDZIAŁ I.

OGÓLNE CECHY CIAŁ MATERJALNYCH.

1. Co to jest materja? — Wszystko co nas otacza, przedmioty, które od dzieciństwa uczymy się rozróżniać i poznawać, ziemia, po której się poruszamy, jedzenie, które spożywamy, woda, którą pijemy, która spada na ziemię jako deszcz, śnieg lub grad, która płynie w potokach i rzekach, a zbiera się w studniach, stawach i morzach, powietrze, którem oddychamy, w którym unoszą się chmury, ptaki, balony, latawce dziecinne i aeroplany — wszystko to składa się z materji. — A więc z materji składa się cała kula ziemską; materja jest też księżyc i słońce, planety i gwiazdy — słowem cały wszechświat.

Na powierzchni kuli ziemskiej żyje człowiek, rozmaite zwierzęta, przeróżne rośliny. Człowiek, zwierzęta, rośliny stanowią świat istot ożywionych. Ciała tych istot ożywionych tak samo jak przedmiotów martwych składają się również z materji.

2. Po czem poznajemy materję? — Biorąc do ręki jakikolwiek przedmiot, np. kamień, kawałek drzewa lub żelaza, bochenek chleba lub kubek wody, odczuwamy, że przedmioty te mają pewien ciężar: jedne większy, drugie mniejszy, ale zawsze jakiś ciężar. — Z codziennego doświadczenia przekonani jesteśmy, że gdy przedmiot unoszony ręką wypuścimy z niej, spadnie on nadół, na ziemię, choćby to był przedmiot najdrobniejszy. — Niezależnie więc od tego, czy są to przedmioty wielkie, czy małe, czy twarde — jak żelazo, czy miękkie — jak воск, czy są ciałem stałym, jak drzewo, cegła, kamień, szkło, metal i t. p., czy też cieczą, jak woda, oliwa, nafta i t. p. — zawsze każdy przedmiot, każde ciało, o ile go nie podeprzemy ręką, czy jakąkolwiek inną podporą — spadać będzie ku dołowi, a zatrzyma się dopiero wtedy, gdy trafi na dostatecznie wytrzymałą nową podporę, np. deskę stołu, podłogę, powierzchnię ziemi.

Gdy na otwartą dłoń ręki, położonej na stole, nałożymy jakiś cięższy przedmiot np. cegłę, co odczujemy? Ucisk. — Ten ucisk czyli ciśnienie — wywiera tu cegła, a więc przedmiot materialny. Na co? Na dłoń, która jest tu podstawą. A więc tak samo i każdy inny przedmiot ciężki wywiera ciśnienie na podstawę, bez względu na to, czy podstawą tą jest dłoń, czy deska, czy ziemia, czy jakikolwiek inny przedmiot.

Umieścimy ugotowane jaje pod ciężki kamień. Co się stanie? Spróbujmy to samo ze szkiełkiem od lampy, z kulką ugniecioną ze

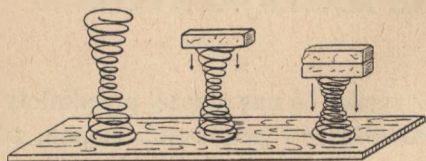


Fig. 1. Skurczenie sprężyny jest tem większe im nacisk na nią wywierany jest większy.

świeżego ciasta, lub wilgotnej gliny, ze sprężyną od materaca. Jaje zostanie zgniecione, szkiełko — rozbite, kulka z ciasta lub gliny spłaszczona, sprężyna skurczy się. — Wszystko to są skutki ucisku, czyli ciśnienia, wywar-

tego przez ciężar kamienia na niedostatecznie twardą (mocną) podstawę. — Domyślić się łatwo, że im ciężar gniotącego ciała jest większy, tem większy będzie ucisk (ciśnienie) wywierany przezeń na podstawę. Łatwo to sprawdzić na spiralnej sprężynie stalowej, która tem bardziej się skurczy, im większy nałożymy na nią ciężar, np. zamiast jednej, dwie lub 3 cegły, jak na Fig. 1. (Pokaz).

Wnioski: — 1) *Przedmioty materialne wywierają ciśnienie na podstawę.* — 2) *Im przedmiot jest cięższy, tem ciśnienie przezeń wywierane na podstawę jest większe.*

A teraz zapytamy, co się stanie ze spiralną sprężyną zawieszoną na haku, jak na Fig. 2, jeśli do jej dolnego końca przyczepimy jakiś odpowiednio ciężki przedmiot? Spostrzeżemy, że sprężyna ta tym razem rozciągnie się, i to tem więcej, im ciężar obciążającego ją przedmiotu jest większy. To samo się stanie, gdy ująwszy ręką dolny koniec tej sprężyny, będziemy ją rozciągali. — Im ciągnąć będziemy silniej, tem większe będzie wydłużenie sprężyny. Ciężar przeto zawieszonego na takiej sprężynie przedmiotu wywiera na nią podobny skutek (rozciąga ją), jak siła ręki. — Stąd wynikają:

Wnioski: — 1) *Ciężar jest niczem innem jak siłą.* — 2) *Skutkiem tej siły jest ciągnięcie, wywierane na materiał ciała, zapomocą którego przedmiot jest zawieszony, np. na sprężynę,*

sznur, łańcuch i t. p. — 3) *Ciągnienie to jest tem większe, im ciężar zawieszonoego ciała jest większy.*

3. Jak mierzymy ciężary? — Aby poznać ciężar jakiegoś przedmiotu, należy go zmierzyć. Zmierzyć ciężar — to znaczy porównać go z jakimś innym ciężarem niezmiennym, obranym do porównania. — *Za ten ciężar porównawczy wybrano ciężar 1 litra wody, t. j. 1 decymetra sześciennego (dm^3). Ciężar $1 dm^3$ wody nazwano kilogramem.* Kilogram jest więc jednostką ciężaru, tak jak metr, centymetr, decymetr — są jednostkami długości. W skróceniu oznaczamy kilogram znakiem *kg*.

Z podziału 1 *kg* przez 10, 100, 1000 — powstają jednostki drobniejsze, jako to: 1 hektogram (1 *hg*), czyli 0·1 *kg*; 1 dekagram (1 *dg*), czyli 0·01 *kg*; 1 gram (1 *g*), czyli 0·001 *kg*. — Przez powiększenie zaś 100, 1000 razy powstają jednostki większe: 1 centnar (1 *q*), czyli 100 *kg*; 1 tona (1 *t*), czyli 1000 *kg*. Mamy więc następujące jednostki ciężarów:

1 <i>g</i> (gram),	czyli ciężar:	1 cm^3	= 0·001 dm^3	wody	
1 <i>dg</i> (dekgr.)	„ „	10 cm^3	= 0·01 dm^3	„	= 10 <i>g</i>
1 <i>hg</i> (hektgr.)	„ „	100 cm^3	= 0·1 dm^3	„	= 100 <i>g</i>
1 <i>kg</i> (kilogr.)	„ „	1000 cm^3	= 1 <i>l</i>	litra	= 1000 <i>g</i>
1 <i>q</i> (centnar)	czyli ciężar	100 <i>l</i>	litrów	„	= 100 <i>kg</i>
1 <i>t</i> (tonna)	„ „	1000 <i>l</i>	„	„	= 1000 <i>kg</i>

Ciężary mniejsze od 1 grama, wyrażone w ułamkach dziesiętnych tegoż, noszą nazwy: 0·1 *g* — czyli decygram, 0·01 *g* — centygram, 0·001 *g* — miligram.

Do zmierzenia nieznanego ciężaru jakiegokolwiek przedmiotu niedość jest wybrać ciężar porównawczy, a więc którąkolwiek z powyższych jednostek ciężarowych np. gram, czy kilogram. Należy jeszcze posiadać przyrząd, przy pomocy którego możnaby skutecznie porównanie nieznanego ciężaru z ciężarem wybranym. To porównanie powinno przytem być łatwe i dokładne w wykonaniu. Przyrządem takim jest waga. Wagi mogą być bardzo rozmaite, oparte na różnych zasadach.

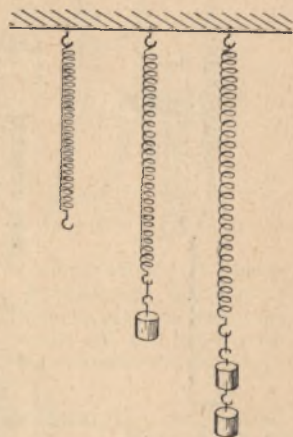


Fig. 2. Wydłużenie sprężyny jest tem większe, im ciążnienie na nią wywarne jest większe.

4. Waga sprężynowa. — Istotną częścią tej wagi jest sprężyna, którą stanowi najczęściej spiralnie skręcony drut stalowy *S*, jak na Fig. 3. — Sprężyna ta jest opatrzona: podziałką *P* i wskazówką *W*, przez co mamy możność dokładnie obserwować (odczytać) wydłużenie

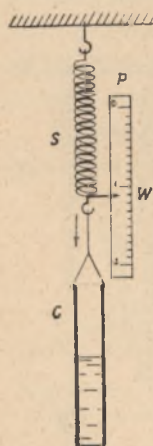


Fig. 3. Dla skalibrowania sprężyny jako wagi ustawiamy najpierw listewkę *P* tak, by wskazówka *W* przypadła na jej początek, poczem dolewając do naczynia *C* kolejno po 100 cm^3 wody, znaczymy na listewce kreski, gdzie się wskazówka zatrzymuje, kolejno 1, 2, 3 i t. d. W ten sposób sprężyna znaczyć będzie po 0.1 kg na jedną kreskę podziałki.



Fig. 3a. Waga sprężynowa, skalibrowana na $\frac{1}{2}$ kg .

sprężyny pod działaniem zawieszonego ciężaru. — Przedmiot ważony zawiesza się na haczyku, lub umieszcza się na talerzu, połączonym z dolnym końcem sprężyny. Zamiast talerza zawieszone być może naczynie walcowate *C*, jeżeli chodzi o ważenie cieczy. Samą wagę zapomocą kółka utwierdza się na odpowiednim haku, na ramie okna, drzwi lub trzyma się w ręku. By przyrząd taki wskazywać mógł na podziałce ciężary wyrażone w kilogramach, albo gramach, należy go wpierw skalibrować.

Skalibrowanie wagi sprężynowej polega na oznaczeniu wydłużenia sprężyny przez znany ciężar. — W tym celu oznaczamy położenie wskazówki przy nieobciążonej wadze, lecz z zawieszonym naczyniem *C* i oznaczamy to położenie zerem. Następnie obciążamy wagę, wlewając do jej naczynia kolejno np. po litrze wody. Każdy dolany liter wody obciąża wagę o 1 kg więcej. Na listewce podziałkowej zaznaczamy kreskami coraz to dalsze położenie wskazówki. W ten sposób powstaje podziałka, której liczba kresek odpowiadać będzie liczbie kilogramów wody. Gdybyśmy dolewali wodę nie litrami, lecz półlitrami — kreski podziałki odpowiadać będą półkilogramom. Im sprężyna w takiej wadze będzie twardsza, tem odstępy kresek na podziałce, znaczących np. kilogramy, będą mniejsze. Gdyby sprężyna była miękka — odstępy te będą większe. W takim razie można podzielić je na części drobniejsze, np. dziesiętne, setne. Wtedy każda kreska odpowiadać będzie nie 1 kg , lecz 0.1 kg , 0.01 kg , t. j. 1 hg , 1 dg i t. p.

5. Waga dźwigniowa równoramienna. — Weźmijmy jednostajnie grubą, dostatecznie sztywną listewkę drewnianą. Opatrzmy

ją podziałką centymetrową. Listewka ta może być dowolnej długości np. 1 metra. — Listewkę tę, którą będziemy nazywali belką, spróbujemy ustawić poprzecznie na poręczy krzesła lub krawędzi wąskiej deszczulki, jak na fig. 4. — Gdy to podparcie trafi nie na środek belki, t. j. gdy części belki po obu stronach od podparcia, czyli jej ramiona nie będą równe, belka cała od razu przechyliła się na stronę dłuższego ramienia. Przesuwając ostrożnie belkę na jej podporze w stronę krótszego ramienia, natrafić możemy łatwo na punkt, gdzie puszczonej wolna belka zacznie się kołysać miarowo, poczem się uspokoi. — Punkt ten leży dokładnie w środku belki, a więc np. dla belki 100 *cm* długości, dokładnie na 50 *cm* odległości od obu końców. Belka jest wtedy **z r ó w n o w a ż o n a**. — W tym stanie równowagi oba ramiona belki, t. j. odległości *ao* i *ob* są sobie dokładnie równe.

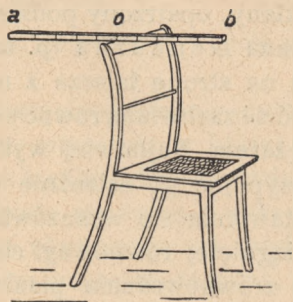
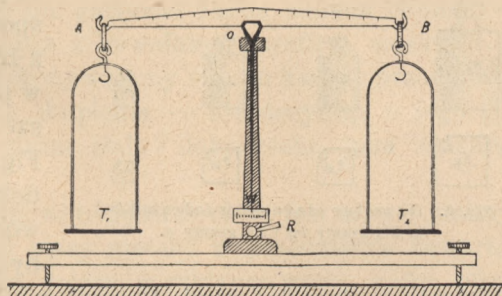


Fig. 4. Równowaga belki. Jednostajnie gruba listewka, ustawiona na ostrej krawędzi, zachowuje równowagę tylko wtedy, gdy jest podparta dokładnie w środku swej długości.

Tak zrównoważona belka stanowi zasadniczą część każdej dwuramiennej wagi. Rysunek Fig. 5 wyobraża taką właśnie wagę. —

Belką jest tu metalowa listewka *AB*, podparciem jej jest krawędź *O*. Ramionami są dokładnie równe sobie części belki $AO = OB$. Na końcach obu ramion, na odpowiednich haczykach zawieszone są metalowe talerze wagi *T₁* i *T₂*. Talerze te muszą być dokładnie tego samego ciężaru. Gdyby



[Fig. 5. Waga dwuramienna.

który z nich był cięższy, nawet nieznacznie, belka straciłaby równowagę i przechyliłaby się na stronę cięższego talerza. Łatwo to sprawdzić, obciążając którykolwiek talerz wagi kilkoma ziarnami grochu lub śrutu, albo szczyptą piasku.

Do obserwowania wychyleń belki służy wskazówka *W*, która jest przytwierdzona dokładnie w środku belki i może być skierowana ku górze, lub ku dołowi jak na Fig. 5. Gdy wskazówka stoi dokładnie

pionowo, belka leży poziomo. Wtedy właśnie mamy położenie równowagi.

6. Tarowanie. — Umieścmy na jednym z talerzy wagi walec szklany, opatrzony podziałką, wskazującą objętości w cm^3 . Jest to tak zwana menzurka (p. n. str. 9, Fig. 7). Belka wagi odrazu przechyli się na stronę talerza z menzurką. Możemy jednak z łatwością przywrócić zachwianą równowagę, obciążając drugi talerz wagi odpowiednim ciężarem. Najłatwiej wykonać to można zapomocą piasku lub śrutu, dosypując go ostrożnie na drugi talerz próżny aż do ponownego ustawienia się wskazówki wagi na położenie równowagi. — W stanie osiągniętej równowagi ciężar menzurki jest równy ciężarowi użytego do zrównoważenia piasku lub śrutu. Wsypany na talerz wagi śrut (piasek) zwie się tarą. W danym przypadku stanowi on tarę menzurki. Tak samo starować możemy każdy inny przedmiot.

Czy przez starowanie przedmiotu odpowiadamy na pytanie, ile przedmiot ten waży kilogramów, dekagramów lub gramów? Oczywiście — nie. Stwierdzamy jedynie, że tara tego przedmiotu, t. j. ilość użytego piasku, śrutu i t. p. ma ten sam ciężar, co starowany przedmiot.

7. Ważenie. — By móc odważyć przedmiot, t. j. określić jego ciężar w gramach, czy kilogramach, należy posiadać odpowiednie

ciężarki (odważniki). Ciężarki sporządza się zwykle: większe z żelaza, mniejsze — z miedzi w postaci walcowatej, najmniejsze — z niklowej blachy, jak na Fig. 6. — Muszą one równoważyć dokładnie odpowiednią ilość wody, a więc ciężarek 1 g musi być równy ciężarowi 1 cm^3 wody,

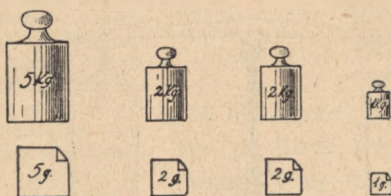


Fig. 6. Garnitur ciężarków (odważników) na kilogramy kg i na gramy g .

ciężarek 1 dg = ciężarowi 10 cm^3 wody, ciężarek 1 kg = ciężarowi 1000 cm^3 wody, t. j. litrowi wody i t. d.

Samo ważenie uskutecznia się w sposób podobny jak przy tarowaniu, t. j. na jeden talerz wagi ustawiamy przedmiot, a na drugi talerz wkładamy kolejno tyle różnych ciężarków, poczynawszy od największego, aż nastąpi równowaga. Wtedy zliczamy użyte ciężarki, a otrzymany wynik wskazuje nam ciężar zważonego przedmiotu.

Przykład. — Przypuścmy, że do odważenia powyższej menzurki szklanej użyliśmy:

1 ciężarek	na 20	dg,	t. j. =	200 g
3 ciężarki	„ 1	dg,	t. j. =	30 g
2 ciężarki	„ 1	g,	t. j. =	2 g
1 ciężarek	„ 0 5	g,	t. j. =	0 5 g

Ciężar całkowity = 232 5 g

Pytanie: Jeśli ciężar odważonego przedmiotu wynosi np. 73 4 g, ile gramów wynosi jego tara?

8. Ciężar a masa. — Pokazy: — 1) Odtarujemy dokładnie śrutem na wadze kilka kostek cukru, wraz z żelazną miseczką, w której te kostki umieszczamy. Rozgniećmy następnie te kostki cukru na drobny proszek w tejże miseczce i postawmy ponownie miseczkę z cukrem na tym samym talerzu wagi. Okaże się, że równowaga na wadze nie została naruszona: tara miseczki z cukrem pozostała ta sama. — Znaczy to, że cukier w kostkach i proszek cukru z tych kostek wytworzony zachowują dokładnie ten sam ciężar. — Podobne doświadczenie wykonać można np. z kawałkiem cegły, soli kamiennej i t. p.

2) Wstawmy do kubka szklanego bryłkę lodu i przykryjmy otwór kubka płytką szklaną. Odtarujemy całość dokładnie na wadze. — Ogrzejmy następnie kubek z lodem przez częściowe zanurzenie go w gorącą wodę tak, by lód w nim stopniał. Poczem, po obtarciu kubka zewnątrz z wody, sprawdzimy na wadze, czy pierwotna tara nie uległa zmianie. Przekonamy się, że nie. — Znaczy to, że przy przejściu ciała stałego (lodu) w ciecz (wodę) nie zachodzi żadna zmiana ciężaru. — Podobny pokaz wykonać można z kawałkiem parafiny, wosku i t. p.

Z doświadczeń tych przekonujemy się, że kształt przedmiotu, jego rozdrobnienie, jego stan skupienia — nie decydują o jego ciężarze. Cóż więc wpływa na ciężar ciała? Jaka cecha, jaka własność materji?

Własnością tą, która stanowi o ciężarze ciała, jest masa materji, tworzącej dane ciało. — Od masy materji w przedmiocie zawartej, np. w kawałku drzewa, szkła, żelaza, w szklance wody, nafty, oliwy i t. p. — zależy jedynie ciężar przedmiotu. Kształt, rozdrobnienie, stan skupienia tegoż samego ciała na jego ciężar nie wpływają.

Wniosek: *Im ciężar ciała jest większy, tem i masa jego jest większa, i odwrotnie.*

9. Ciężar a objętość ciał. — Porównajmy ze sobą ciężary jednej i tej samej objętości, np. 100 cm³ różnych cieczy: wody, benzyny, rtęci. Przekonamy się, że nie są one jednakie. (Pokaz na wadze w odtarowanej menzurce): 100 cm³ czystej wody stanowi, jak wiemy,

ciężar = 100 g, dla 100 cm³ benzyny znajdziemy mniej, a mianowicie tylko 75 g, a dla 100 cm³ rtęci znacznie więcej, aż 1355 g. — Stąd wnioskujemy, że w tej samej objętości różnych ciał zawarta musi być różna masa materji, bo tylko masa, a nie co innego, stanowi o ciężarze ciała. Masa więc benzyny zawarta w 100 cm³ jest mniejsza, niż masa 100 cm³ wody, a masa rtęci w tej samej objętości większa a mianowicie 13·55 razy, niż masa wody. — Gdybyśmy porównali ze sobą ciężary różnych ciał w objętości nie 100 cm³, lecz np. 1 litra lub 1 cm³ — okaże się to samo.

Ciężar 1 cm³ ciała, wyrażony w gramach, zwiemy jego ciężarem właściwym. — Każdy odrębny gatunek materji ma inny ciężar właściwy. Oto są ciężary właściwe najpospolitszych ciał stałych i ciekłych:

Ciężar właściwy, t. j. ciężar 1 cm³:

wody . . . = 1·00 g	węgla kamien. = 1·20—1·50 g
benzyny . . = 0·75 g	solu kamiennnej = 2·30—2·40 g
terpentyny . = 0·86 g	szkła zwykłego = 2·60 g
parafiny . . = 0·90 g	glinu = 2·7 g
drzewa sosny = 0·31—0·75 g	żelaza = 7·80 g
„ dęb. = 0·69—1·03 g	ołowiu = 11·30 g
węgla drzew. = 0·30—0·50 g	rtęci = 13·55 g

Ciała o ciężarze właściwym mniejszym od 1 g — są od wody lżejsze, a więc w wodzie nie toną. Ciała o ciężarze właściwym większym od 1 g są od wody cięższe i w niej toną.

Doświadczenia: — Przy pomocy noża, pilnika, papieru szklanego sporządzić: z drzewa, parafiny, kostki cukru — dokładnie prostopadłościennie klocki małe; zmierzyć zapomocą milimetrowej podziałki ich krawędzie; obliczyć stąd ich objętość w cm³, pamiętając, że 1 cm³ = 1000 mm³; zważyć je następnie z dokładnością do 0·1 g. — Ze znalezionej ciężaru w gramach i objętości w cm³ obliczyć ciężar właściwy tych materiałów.

Pytania: — 1) Czy terpentyna wlana do wody zbierze się na dnie, czy wypłynie na powierzchnię? — 2) Czy ciężar właściwy lodu jest mniejszy, czy większy od 1 g? — 3) Ile razy żelazo jest cięższe od glinu; a rtęć od żelaza?

Zapytajmy teraz odwrotnie, jakie objętości, t. j. ile cm³ zajmuje ta sama masa, np. masa 1 g ciała różnych gatunków materji? — Odpowiedź na to da nam z łatwością następujące doświadczenie. — Odważmy w pojedynczych kawałkach te same ilości gramów: węgla kamiennego, szkła, żelaza, np. po 10 g każdego. Kształt tych kawałków może być dowolny. Umocujmy je na nitkach

i zanurzamy kolejno do wąskiej menzurki z wodą, jak na Fig. 7. Niech podziałka menzurki wskazuje objętość w cm^3 z dokładnością do $\frac{1}{4} cm^3$. Wlejmy do menzurki dokładnie $25 cm^3$, poczem zanurzamy w wodzie kolejno powyższe kawałki węgla kamiennego, szkła i t. d. Poziom wody w menzurce po zanurzeniu podniesie się (ponad $25 cm^3$) i to za każdym razem inaczej, a mianowicie dla:

10 g węgla do $33 cm^3$, czyli o $8 cm^3$

10 g szkła „ $20 cm^3$, „ o $4 cm^3$

10 g żelaza „ $56.3 cm^3$, „ o $1.3 cm^3$

Objętość wody, wypartej przez zanurzony w niej przedmiot, jest oczywiście objętością tego przedmiotu. A więc przekonaliśmy się, że:

10 g węgla posiada objętość $8 cm^3$

10 g szkła „ „ $4 cm^3$

10 g żelaza „ „ $1.3 cm^3$

Są to objętości, jak widzimy, różne. — Stąd obliczyć łatwo, jaką objętość zajmuje 1 g powyższych ciał.

Objętość 1 g materji, wyrażoną w cm^3 , nazywamy jej objętością właściwą. — Z powyższych 3 ciał najmniejszą objętość właściwą ma żelazo, a największą węgiel kamienny. Natomiast ciężar właściwy tych ciał — odwrotnie: największy jest dla żelaza, najmniejszy dla węgla. — Wogóle:

Im ciało ma mniejszy ciężar właściwy, tem jego objętość właściwa jest większa, i odwrotnie. Stąd widoczna, że materiały lekkie zajmują większą objętość, niż materiały ciężkie.

Zadania: — Z danych tabliczki ciężarów właściwych (str. 8) obliczyć objętość właściwą: benzyny, drzewa, soli, glinu, rtęci.

10. Materja a przestrzeń przez nią zajmowana. — Widzieliśmy, że po zanurzeniu przedmiotu stałego w wodzie menzurki — poziom wody się podnosi. Przedmiot pogrążony w wodzie musiał więc rozsunąć wodę i częściowo wyprzeć ją sobą. Po wyjęciu zanurzonego przedmiotu z wody poziom jej w menzurce opada do pierwotnego stanu. Znaczy to, że woda zajęła napowrót tę część przestrzeni, którą przedtem ustąpiła zanurzonemu w niej przedmiotowi. — Gdy wbijemy zaostriżony kołek do wilgotnej gliny lub miękkiej ziemi — kołek rozsunie ziemię na boki. Po wyciągnięciu kołka co spostrze-

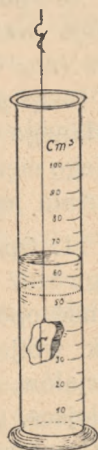


Fig. 7. Objętość ciał. Zanurzony w wodzie kawałek węgla kamiennego lub innego ciała C, wypiera sobą wodę, przez co poziom jej się podnosi. Z objętości wypartej wody wnosimy o objętości ciała C.

żemy? Otwór, mający rozmiary te same, co wbita część kołka. Jest to przestrzeń, którą zajmował materiał wbitej w ziemię części kołka.

Ze spostrzeżeń tych wynika oczywiście, że *w przestrzeni, którą zajmuje jakieś ciało, jednocześnie z niem nie może znajdować się żadne inne ciało*. Każdy przedmiot materialny musi przeto zajmować sobą jakąś przestrzeń, musi więc mieć własną objętość. — Im materiał danego przedmiotu tego jest gatunkowo cięższy, t. j. im większy jest jego ciężar właściwy, tem przestrzeń, którą wypełnia np. 1 g, 1 kg materiału jest mniejsza, czyli jego objętość właściwa jest mniejsza.

11. Opór środowiska. — By wbić kołek w ziemię, tak samo jak gwóźdź w ścianę — trzeba użyć siły. Dlaczego? Bo trzeba pokonać opór materiału, w danym razie ziemi, drzewa, cegły. — Kołek wbijany w glinę, gwóźdź w drzewo pokonywa opór tych materiałów, nadto rozpira je, bo wbity gwóźdź albo kołek zajmują to miejsce, gdzie wprawdzie była glina albo drzewo. — Opór stawiany przez materiał wbijaniu weń kołka lub gwoździa jest tem większy, im materiał ten jest twardszy, bardziej spoisty.

Czy ciecze stawiają opór przy ich rozpiraniu? W pierwszej chwili zdawać się może, że nie. Przecież wetknięcie pręta w wodę, lub poruszanie nim w wodzie zdaje się nie sprawiać widocznej trudności, a kamień rzucony na wodę nawet sam ją rozpira i spada na dno. — Spróbujmy jednak zamiast cienkim prętem poruszać w wodzie szerszą deszczułką, trzymając ją przytem poprzecznie do kierunku ruchu. Wnet spostrzeżemy, że występuje tu opór i to tem znaczniejszy, im deszczułka jest szersza i im szybciej będziemy nią poruszali. Opór ten może pochodzić tylko od wody. Zależy on jednak także i od rozmiarów powierzchni poruszanego w wodzie przedmiotu, w powyższym przykładzie od szerokości deszczułki, a nadto od szybkości ruchu. — Z powyższego wnioskuje my:

Woda stawia opór poruszanym w niej przedmiotom. Opór ten jest tem większy, im większa jest powierzchnia poruszanego przedmiotu i im większa jest szybkość ruchu. — Tak samo jak woda zachowują się i inne ciecze, np. nafta, oliwa i t. p.

Pytania: — 1) Dlaczego przód łodzi ma kształt zwężony? — 2) Dlaczego przy wiosłowaniu należy trzymać wiosło stroną płaską do kierunku jego ruchu? — 3) Dlaczego palce nożne kaczki, gęsi, łabędzi są opatrzone pletwami?

12. Zestawienie treści. — W powyższych ustępach omówiliśmy i poznali następujące własności materji:

1) Każde ciało materjalne posiada pewien ciężar. O ciężarze ciała stanowi jego masa, a nie kształt, lub stan skupienia.

2) Każdy przedmiot materjalny wypełnia sobą pewną przestrzeń, czyli posiada pewną objętość. Przestrzeni tej nie może jednocześnie zajmować żadne inne ciało.

3) Masa materji, zawarta w jednostce objętości, np. w 1 cm^3 jest dla różnych rodzajów materji różna. — Ciężar właściwy jest to ciężar 1 cm^3 materji.

4) Objętość, którą zajmuje 1 g ciała, jest to objętość właściwa tego ciała.

5) Ruch ciał w środowisku materjalnem, np. w cieczach, napotyka na opór. — Opór ten jest zależny od natury danego środowiska. Jest on przytem tem większy, im powierzchnia poruszanego ciała jest większa, a ruch szybszy.

ROZDZIAŁ II.

FIZYCZNE WŁASNOŚCI POWIETRZA. — STANY SKUPIENIA MATERJI.

1. Istnienie powietrza. — Wśród jestestw żywych, zarówno zwierzęcych, jak i roślinnych, rozróżniamy takie, które stale żyją w wodzie, jak np. przeróżne rodzaje ryb rzecznych i morskich, najrozmaitsze rośliny wodne, np. wodorosty, oraz takie, które stale przebywać mogą tylko na powierzchni ziemi, a zanurzone do wody wnet żyć przestają, jak np. człowiek i zwykłe zwierzęta domowe. Wreszcie istnieją i takie, które mogą przebywać zarówno na powierzchni ziemi, jak i pod wodą. Są to jestestwa ziemnowodne. — Środowisko, które bezpośrednio nas otacza, w którym żyjemy i poruszamy się, którego obecność jest człowiekowi i tylu innym istotom niezbędnie i nieustannie do życia potrzebna — jest to powietrze. Rozpościera się ono nad całą kulą ziemską, nad lądami i morzami, sięga wysoko ponad najwyższe góry, tworząc razem to, co nazywamy atmosferą. — Powietrze nie ma żadnego kształtu, ani też żadnych wyraźnych granic, nie posiada też żadnej barwy.

Skoro przeto powietrza wzrokiem nie dostrzegamy, czyli go bezpośrednio nie widzimy, skoro go w przeciwieństwie do zwykłych ciał materialnych ręką ująć nie możemy, dlaczego twierdzimy, że powietrze istnieje, że nas zewsząd otacza? Co nas do takiego poglądu zmusza?

Wszystkie ciała stałe i ciekłe rozpoznajemy odrazu zapomocą wzroku przy świetle, a dotykem — w ciemności. — O istnieniu powietrza ani wzrokiem, ani dotykem przekonać się nie możemy. Ale kształt i barwa nie są jedynymi cechami, które służą nam do rozpoznawania ciał. — Ciała posiadają bardzo wiele innych i to najrozmaitszych cech. Między temi cechami są i takie, które wszystkim ciałom są

wspólne. — Do tych wspólnych wszystkim ciałom cech należą znane już nam: ciężar, objętość, masa, opór środowiska i jeszcze wiele innych. — Jeśli zdołamy sprawdzić, że te wspólne każdemu ciału własności wykazuje także i powietrze, będziemy upewnieni, że powietrze jest również ciałem materjalnem, a więc, że istnieje. — Przekonamy się z następujących ustępów, że tak jest w istocie.

2. Powietrze a objętość przezeń zajmowana. — Czy szklanka, lub słoć szklany, w którym nie ma żadnego ciała płynnego ani stałego, są rzeczywiście próżne?

1) Zanurzymy próżny szklany słoik, trzymając go dnem do góry, jak na Fig. 8 do większego zbiornika z wodą. Zobaczymy, że woda do słoika nie wejdzie, choćbyśmy go zanurzyli całkowicie. Co najwyżej tylko bardzo nieznaczna część słoika od dołu wypełni się wodą. Jest więc jakaś przeszkoda, która stawia opór wejściu wody do słoja. W próżnym pozornie słoju musi więc być obecne jakieś ciało, choć jest ono dla oka niewidoczne.

2) Odwróćmy słoik otworem do góry i znów zanurzymy go całkowicie w wodzie. Natychmiast wypełnia się on wodą, wlewającą się doń przez otwór. — Gdzie więc jest to niewidzialne ciało, którego obecność wynikała z poprzedniego doświadczenia? Może uszło ze słoja, a myśmy tego nie spostrzegli?

3) Spróbujmy doświadczenia te powtórzyć raz jeszcze, tym razem jednak zamiast słoja użyjmy flaszki z dnem odbitem. Flaszkę tę zaopatrzymy korkiem, w którym wywiercony jest otwór, z dopasowaną doń krótką rurką szklaną. Koniec tej rurki zatknijmy palcem, jak na Fig. 9 i zanurzymy ją całkowicie (korkiem do góry) pod wodą. Woda i tym razem, chociaż dno flaszki jest odbite, do flaszki nie wejdzie. A teraz usuńmy palec z otworu rurki w korku. Wnet spostrzeżemy, że z końca rurki wydobywać się pocznie strumień baniek, a od dołu flaszka wypełniać się pocznie wodą. Zjawisko trwać będzie tak długo, aż cała objętość flaszki wypełni się wodą.

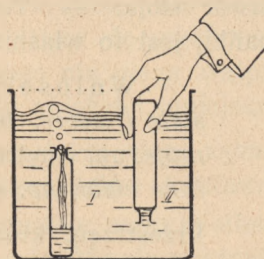


Fig. 8. Objętość powietrza. Woda nie wchodzi do otwartego słoja II, gdy jest zanurzony otworem do dołu, natomiast wchodzi do słoja I, bo jest zanurzony otworem do góry.

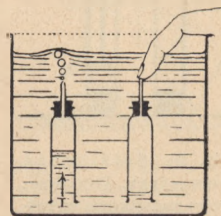


Fig. 9. Objętość powietrza. Przez odbite dno słoja zanurzonego w wodzie, woda doń wchodzi, jeśli powietrze w nim zawarte może uchodzić góra.

Tym razem dostrzegliśmy więc, że ciało wypierane z flaszki przez wodę uchodziło z niej w postaci baniek. Czem są te bańki? Oczywiście niczem innym, jak tem, co przed zanurzeniem wypełniało próżną pozornie flaszkę, co stawiało opór wejściu wody przez dolny otwór słoja. — To niewidoczne dla wzroku ciało, wypełniające bańki, jest to właśnie powietrze.

Wniosek: *Powietrze jest materją tak samo, jak ciała stałe i ciecze, bo przestrzeń, którą pewna ilość powietrza zajmuje, np. wewnątrz słoja, flaszki, nie może jednocześnie zajmować inne ciało, np. woda (p. str. 10).*

Przestrzeń, którą wypełnia powietrze np. w słoju lub butelce, stanowi objętość powietrza w nich zawartego. Jaka jest objętość danego próżnego naczynia, taka jest i objętość znajdującego się w niem powietrza. — Czy powietrze, zawarte w jakimś naczyniu, np. w szklanym walcu 1 litra objętości, może pomieścić się w mniejszej przestrzeni, a więc np. w $\frac{1}{2}$, w $\frac{1}{4}$ lub w $\frac{1}{8}$ litra?

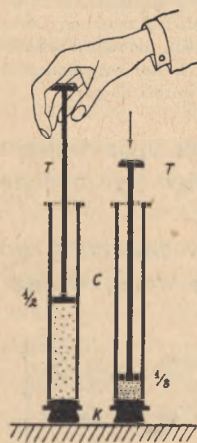


Fig. 10. Ściśliwość powietrza. Powietrze, które początkowo wypełniało całą objętość cylindra C, może być ściśnione dowolnie.

By przekonać się o tem, wykonajmy próbę z powietrzem zamkniętem w rurce, jak na Fig. 10. Do tego celu zaopatrzymy tę rurkę w lekko, lecz szczelnie chodzący w niej tłoczek T. Rurka taka np. 50 cm długa, a 1 cm szeroka, może być z metalu, drzewa lub nawet ze szkła. By tłoczek był szczelny, a mimo to lekko chodził w rurce, należy go napoić olejem lub posmarować wazeliną. — Wszystko to razem stanowić będzie zwykłą pukawkę dziecinną. — Gdy jeden z otworów rurki zatknijemy szczelnie korkiem, a w drugi otwór wstawimy tłoczek, znajdujące się wewnątrz rurki powietrze zostanie odcięte od powietrza zewnętrznego.

Objętość odciętego w ten sposób powietrza jest tu równa objętości całej rurki.

Spróbujmy teraz wcisnąć tłoczek w głąb rurki, oparłszy ją uprzednio końcem zatkanym korkiem o powierzchnię stołu. Początkowo wciskanie tłoczka do wnętrza rurki iść będzie łatwo, następnie coraz trudniej. Gdy tłok dojdzie do $\frac{1}{2}$ rurki, objętość pomiędzy tłokiem a korkiem zmaleje do $\frac{1}{2}$. Powietrze zawarte początkowo

w całej objętości rurki, w tem położeniu tłoczka ściśnięte zostanie do $\frac{1}{2}$ swej pierwotnej objętości. — Wciskając tłok coraz dalej, można pierwotną objętość powietrza zmniejszyć coraz to bardziej, np. do $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ i t. d.

Ponieważ powietrze, początkowo zawarte w rurce, nie mogło w tych warunkach ująć z rurki — o czem łatwo się przekonać, wstawiwszy rurkę z tłokiem pod wodę — przeto nie ulega wątpliwości, że zostało stłoczone, t. j. sprowadzone do objętości mniejszej.

Wniosek: Ta sama ilość (masa) powietrza może zajmować różne objętości — Powietrze jest więc ciałem ściśliwym.

W miarę zniżania tłoczka w głąb rurki, musimy coraz to silniej nań naciskać, by pokonać wzrastający wciąż opór. Ma się wrażenie, że opór ten stanowi jakaś niewidzialna sprężyna, umieszczona wewnątrz rurki. — W rurce jednak niema żadnej sprężyny, a jest tylko ściśnięte powietrze. — A więc opór ten pochodzi może tylko od powietrza, a ściśnięte w rurce powietrze działa tu podobnie jak ściśnięta sprężyna (Fig. 11).

Zwolnijmy ściśniętą sprężynę od nacisku: wnet się rozpręży. Wypuścimy raptownie z ręki tłoczek, którym w rurce zgnetliśmy powietrze: tłoczek odrazu odskoczy. Ściśnięte więc powietrze, gdy je zwolnimy z pod wywartego na nie ucisku, podobnie jak ściśnięta sprężyna samo się rozpręża.

Wniosek: Powietrze jest ciałem sprężystem.

Powtórzmy poprzednie doświadczenie z następującą odmianą. Nie utwierdzajmy korka zamykającego wylot rurki zbyt silnie. Odwróćmy cały przyrząd, t. j. oprzyjmy rączkę pręta tłokowego o stół, jak na Fig. 12, i teraz wciskajmy rurkę na tłok. Nastąpi wystrzał! Korek wyskoczy, zanim jeszcze tłoczek dojdzie do końca rurki. —

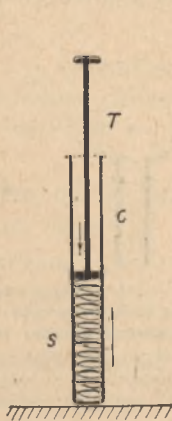


Fig. 11. Ściśliwość sprężyny. Stłoczona w walcu C spiralna sprężyna stawia podobnie jak powietrze, w miarę stłaczania coraz to większy opór.

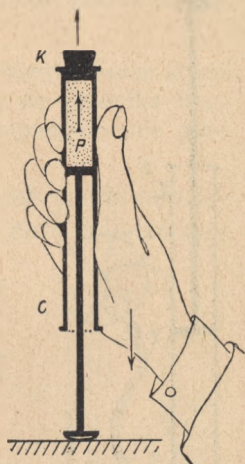


Fig. 12. Prężność powietrza stłoczonego w walcu C powietrza wysadzić może szczelnie wciśnięty weń korek K (działanie pukawki).

Cóż więc wysadziło korek? Oczywiście stłoczone w rurce powietrze, a nie bezpośredni nacisk tłoczka na korek.

Stłoczone powietrze nabrało przeto siły, której nie posiadało powietrze w stanie zwykłym. — Jest to ta sama siła, która stawiała opór zmniejszaniu objętości powietrza, zamkniętego w rurce i działała nie tylko na powierzchnię tłoka, lecz również i na ściany rurki. Siłę tę nazywamy *prężnością*. Rośnie ona wraz z zagęszczeniem powietrza, czyli ze zmniejszaniem jego objętości.

Wniosek: *Prężność zamkniętego powietrza rośnie, gdy objętość jego maleje i odwrotnie.*

3. Pompa powietrzna. — Najprostszym okazem pompy powietrznej jest zwykła pompka rowerowa, Fig. 13. Składa się ona

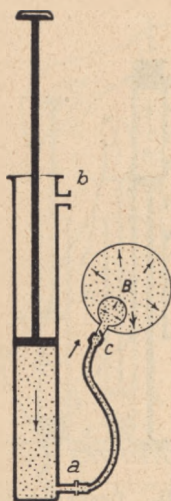


Fig. 13. Pompka rowerowa. Stłoczone w walcu pompki powietrze uchodzi przez rurkę ac do balonika B i rozdyma go.

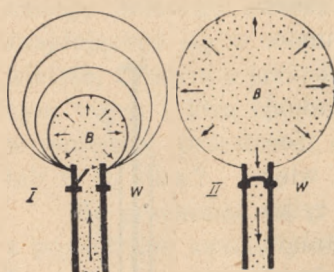


Fig. 14. Działanie wentyla. — I. Powietrze, ściśnięte pompką otwiera wentyl W do wnętrza balonika B. — II. Przy odwrótnym ruchu tłoka pompki, powietrze zagęszczone w baloniku zamyka wentyl automatycznie.

w zasadzie z takiej samej rurki tłokowej, jak poprzednio opisana, z tą tylko różnicą, że na jej obu końcach znajdują się wąskie otwory a i b. Jeden z tych otworów, mianowicie dolny a, służy do połączenia wnętrza pompki z kiszka gumową koła rowerowego, lub z innym zbiornikiem, który ma

być wypełniony zgęszczonym powietrzem, np. z wnętrzem piłki nożnej, balonu kauczukowego i t. p.

Połączenie to skuteczniejsza grubościenna rurka kauczukowa ac. Po wciśnięciu tłoka do dna pompki, powietrze wypełniające początkowo całą objętość rurki tłokowej, zostaje przetłoczone z pompki do zamkniętego zbiornika B. Przy powrotnym ruchu tłoka powietrze to weszłoby zpowrotem do pompki. By temu zapobiec, musi być otwór danego zbiornika (kiszki rowerowej, balonika i t. d.) zaopatrzony w tak zwany wentyl. W zasadzie wentyl jest kłapą, która pod silniejszym naciskiem z jednej strony, niż z przeciwnej, może się otworzyć w jednym kierunku, a zamknie w przeciwnym (Fig. 14). Przy wtłaczaniu powietrza do wnętrza zbiornika

(jak wskazuje → strzałka na Fig. 14) wentyl się otwiera, przy wstecznym ruchu powietrza (←), zpowrotem do pompki, wentyl momentalnie się zamyka i uniemożliwia dalsze uchodzenie powietrza ze zbiornika. — Gdy więc tłok w pompce odbywa ruch powrotny ku górze (Fig. 13), powietrze pod tłok pompki dostać się nie może. Pod tłokiem w pompce tworzy się przestrzeń wolna od powietrza, czyli istotna próżnia. W chwili jednak, gdy tłok podnoszący się ku górze pompki minie jej otwór górny *b*, Fig. 13, t.j. znajdzie się w położeniu, z którego pierwotnie wyszedł, przez otwór ten wciskać się pocznie powietrze z zewnątrz i wytworzoną próżnię znów sobą wypełni. — Pompka taka ssie więc zewnętrzne powietrze otworem *b* i wytłacza je drugim otworem *a*.

Wniosek: *Opisana pompka jest więc przyrządem ssąco-tłoczącym powietrze.*

Doświadczenia: — 1) Wydmuch powietrza przez otwór wylotowy pompki. — 2) Rozdymanie i kurczenie się balonika kauczukowego, nie opatrzonego wentylem. — 3) Napompowanie piłki nożnej, kieszki rowerowej.

4. Zmiany objętości powietrza od ogrzania lub oziębienia. —

Małą kolbkę szklaną, o pojemności od 50 do 100 cm^3 , zaopatrzymy szczelnym korkiem i połączmy ją węzem gumowym z podwójnie zgiętą rurką szklaną *M*, jak na Fig. 15. Do rurki tej nalejmy wpierw nieco wody lub rtęci, tak by ciecz wypełniła mniej więcej do połowy jej część dolną. Rurka tak wypełniona cieczą zwie się manometrem. Początkowo wysokość wody w obu ramionach manometru będzie ta sama. Położenie to *a b* zaznamy na szkłe np. paskami papieru. Powietrze w kolbce, po zatknięciu jej korkiem z manometrem, zostaje odcięte od zewnętrznego powietrza, oddziela je bowiem warstwa cieczy *a c b* w manometrze. — Zanurzymy następnie kulistą część kolbki *K* do wody lekko ogrzanej, poczem znów do wody zimnej. Wnet słup cieczy w manometrze ulegnie przesunięciu: od ogrzania poziom w ramieniu *b* przesunie się ku dołowi, np. do poziomu *l*, zaś dawny poziom w ramieniu *a* podniesie się ku górze na taką samą odległość. Świadczy to, że objętość powietrza zawartego w kolbce wzrosła od ogrzania. — Przy oziębieniu

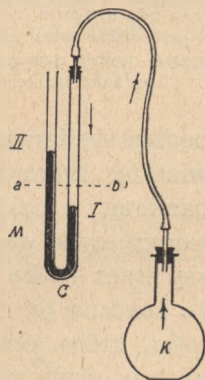


Fig. 15. Wzrost prężności powietrza od ogrzania. Za ogrzaniem kolbki *K*, powietrze w niej zawarte rozszerza się i przesuną rtęć w manometrze *M*.

spostrzeżemy odwrotnie: przesunięcie się poziomu b ku górze, zaś poziomu a ku dołowi. Świadczy to znów o skurczaniu się powietrza, zawartego w kolbce, od oziębienia.

Wniosek: *Powietrze od ogrzania rozszerza się, a od oziębienia kurczy.*

Powyższe doświadczenia wykonać można w rozmaitych odmiannach. Użyjemy np. zamiast kulistej kolbki — zwykłą próbkówkę

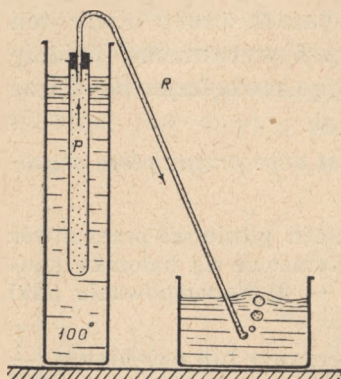


Fig. 16. Rozszerzalność powietrza od ogrzania. Powietrze zawarte w próbkówce P przez jej zanurzenie we wrzącej wodzie rozszerza się i uchodzi bańkami wylotem rurki R .

dłuższą (ok. 20 cm), zamiast manometru — zgiętą ku dołowi jak na Fig. 16 dłuższą (ok. 30—40 cm), lecz wąską rurkę szklaną. Wylot tej rurki zanurzymy w wodzie. Przez to odcięte zostanie połączenie powietrza zewnętrznego z powietrzem w próbkówce. Następnie zanurzymy próbkówkę w walec z wrzącą wodą. Wnet spostrzeżemy, że przez wylot rurki R uchodzą poczną żwawo bańki powietrza. Trwać to będzie dopóty, dopóki powietrze zawarte w próbkówce będzie się rozszerzać. — Nie wyjmując wylotu rurki R z wody, usuniemy z pod próbkówki walec z gorącą wodą. Próbkówka i pozostałe w niej jeszcze powietrze

będzie się teraz oziębiać, a więc pocznie się kurczyć. Ta część powietrza, która podczas poprzedniego ogrzewania uszła z próbkówki bańkami, wrócić do niej nie może, wylot bowiem rurki R wciąż jest zanurzony w wodzie. Cóż się więc stanie? Oto woda pocznie wlewać się przez rurkę R do próbkówki. Gdy próbkówka ostygnie, okaże się, że znaczną jej część wypełnia woda. Jest to właśnie ta część objętości, która przez ogrzanie pierwotnie zawartego w próbkówce powietrza uszła z próbkówki w postaci baniek, a obecnie, po oziębieniu się reszty powietrza, zastąpiona została wodą.

Stwierdzono, że 1 litr, t. j. 1000 cm^3 powietrza, przez ogrzanie od temperatury 0°C do 100°C rozszerza się do objętości 1366 cm^3 . Przyrost objętości wynosi więc $1366 - 1000 = 366\text{ cm}^3$. Znaczy to, że 1 litr powietrza ogrzany o 100° powiększa swą objętość o 0.366 litra, a więc tak samo i np. 1 cm^3 powiększy się o 0.366 cm^3 . Liczba 0.366 stanowi zwyż $\frac{1}{3}$ pierwotnej objętości, t. j. objętości w temp. 0° .

Objętość, o którą powiększy się 1 *litr*, 1 cm^3 , wogóle jednostka objętości powietrza przy ogrzaniu nie o 100° , lecz o 1° , będzie oczywiście 100 razy mniejsza, a więc wyniesie ok. $\frac{1}{300}$ część (dokł. $\frac{1}{273}$). To powiększenie się objętości od ogrzania o 1° — nazywamy rozszerzalnością.

Wniosek: *Rozszerzalność powietrza od ogrzewania, wynosi $\frac{1}{273}$ część objętości, zajmowanej przez nie w temp. 0° .*

Tak wielkiej rozszerzalności nie posiada żadne ciało stałe ani ciekłe. Rozszerzalność rtęci, jest ok. 20 razy mniejsza, tak samo wody. — Rozszerzalności ciał stałych, np. szkła, żelaza — są jeszcze mniejsze. — Natomiast rozszerzalność wszystkich ciał gazowych (p. str. 28) jest jednaka, a więc taka sama jak powietrza, t. j. $= \frac{1}{273}$.

Wniosek: *Rozszerzalność powietrza od ogrzania a tak samo wszystkich gazów jest znacznie większa, niż rozszerzalność jakiegokolwiek ciała stałego lub ciekłego.*

Pytania: — 1) O ile powiększy się objętość 200 cm^3 powietrza mającego temperaturę 0°C przez ogrzanie do 50°C ? — 2) Albo: 6 litrów przez ogrzanie do 90° .

5. Ruch ciał w powietrzu. — Gdy poruszamy się powoli w spokojnem powietrzu, nie dostrzegamy widocznego oporu. Utrudnienie staje się jednak widoczne przy powolnym nawet ruchu, ale przeciwnie wiatrowi. Jest ono tem większe, im wiatr jest silniejszy. Nadto ze wzrostem szybkości ruchu opór powietrza wzrasta gwałtownie. Wie o tem dobrze każdy rowerzysta.

Wniosek: *Zarówno powietrze spokojne, jak i będące samo w ruchu, stawia opór poruszaniu się w niem obcych ciał.*

Ujawszy w rękę arkusz sztywnego papieru (tektury) lub cienkiej blachy, spróbujmy poruszać nim szybko. Przy ruchu w kierunku zgodnym z płaszczyzną arkusza (Fig. 17, I) nie dostrzeżemy oporu. Skoro jednak zmienimy kierunek ruchu na prostopadły do płaszczyzny arkusza, jak przedstawia strzałka II, opór wnet się ujawnia, przyczem dokoła powstaje wiatr. Wiatr ten świadczy, że samo powietrze, otaczające arkusz tektury, wprowadzone zostało w ruch.

Wniosek: *Opór powietrza jest tem większy, im powierzchnia poruszającego się w niem ciała jest większa.*

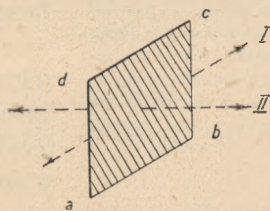


Fig. 17. Opór powietrza. Poruszanie arkuszem tektury w powietrzu w kierunku II (prostopadłym) do powierzchni $a b c d$ natrafia na wyraźny opór.

Pytania: — 1) Dlaczego ćwiartka papieru puszczona wolno w położeniu poziomem spada powoli, a w położeniu pionowym — znacznie szybciej? — 2) Co spadać będzie szybciej, czy ćwiartka papieru, poziomo ustawiona, czy gałka z tej ćwiartki zgnieciona? — 3) Dlaczego ptaki w locie rozpościerają swe skrzydła?

Powietrze, znajdujące się w ruchu, odczuwamy jako wiatr. Wiatr porusza liście i gałęzie drzew, wznieca kurzawę piaskową, faluje powierzchnię wody, obraca skrzydła wiatraka, popędza statki żaglowe i t. p. Potężne wiatry gną i łamią drzewa, obalają ludzi, wywracają pojazdy, budowle i t. d. Poruszające się powietrze ujawnia więc siłę, wywiera widoczne ciśnienie na przedmioty, stanowiące przeszkodę jego ruchowi.

Wniosek: *Im szybkość poruszającego się powietrza jest większa, tem ciśnienie przez nie wywierane jest większe.*

Pytania: — 1) Dlaczego latawiec papierowy utrzymać się może w powietrzu tylko przy wietrze? — 2) Dlaczego ptak, samolot dla utrzymania się w powietrzu muszą posuwać się naprzód?

6. Ciężar powietrza. — Czy powietrze tak samo jak każde ciało stałe lub ciekłe posiada własny ciężar? — Przekonać nas o tem może najprościej próba z odważeniem pewnej ilości powietrza. Lecz powietrze nie ma ani własnego kształtu, ani określonej objętości, nadto otacza zewsząd samą wagę. Trzeba więc ważyć je w jakimś zamkniętem naczyniu o znanej objętości. Niech do tego celu służy szklana bańka, jak na Fig. 18, zwana kolbą, opatrzona szczelnym korkiem gumowym z wchodzącą weń rurką szklaną, posiadającą szczelny kurek *k*. Objętość takiej kolbki należy wpierw wymierzyć, np. zapomocą wody. — Przypuśćmy, że objętość danej kolbki wynosi dokładnie 1000 cm^3 , t. j. 1 litr.



Fig. 18. Wążenie powietrza. Powietrze, zawarte w kolbce *K* o pojemności np. $1\text{ l} = 1000\text{ cm}^3$ może być wraz z kolbą zważone. Ciężar zaś samej kolbki otrzymuje się przez zważenie jej bez powietrza (po wypompowaniu).

W kolbce takiej pozornie próżnej, w istocie znajduje się powietrze (p. str. 13). Przekręcając kurek rurki wylotowej, odcinamy to powietrze od powietrza zewnętrznego. Następnie kolbę ustawiamy na wadze i dokładnie odważamy ją ciężarkami. Przypuśćmy, że da to nam ciężar 235.4 g . — Będzie to oczywiście ciężar kolbki szklanej wraz z powietrzem w niej zawartem.

By poznać, jaki jest ciężar samego powietrza, należy odważyć kolbę bez powietrza i znaleziony jej ciężar własny odjąć od ciężaru

wspólnego. Wypróżnienie kolbki z powietrza dokonać można zapomocą pompki, urządzonej podobnie jak opisana powyżej (str. 16) pompka rowerowa. Przez jeden z otworów takiej pompki, złączony z wylotową rurką kolbki, powietrze jest wysysane, przez przeciwny zaś otwór wypychane nazewnątrz¹⁾. Po dokładnem wypróżnieniu w ten sposób kolbki z powietrza odważamy ją na nowo. Okaże się, że ciężar jej zmaleje i wynosić będzie dokładnie tym razem nie 235·4 g, lecz 234·2 g. — Stąd obliczamy:

Ciężar kolbki wypełnionej powietrzem = 235·4 g

„ „ wypróżnionej z powietrza = 234·2 g

Ciężar zawartego w kolbce powietrza = 1·2 g

Wniosek: *Powietrze posiada własny ciężar.*

Ponieważ objętość kolbki tej wynosiła dokładnie 1000 cm³, przeto znaleziony ciężar 1·2 g stanowi ciężar 1000 cm³ powietrza. Ciężar 1 cm³ powietrza wyniesie przeto 1·2 g : 1000 = 0·0012 g. — Jest to ciężar 1 cm³ powietrza w stanie takim, w jakim zostało ono w kolbce zamknięte, t. j. ani ściśniętego, ani ogrzanego, czyli takiego samego, jak było powietrze zewnętrzne. Gdybyśmy do tej kolbki wtłoczyli powietrze pompką, podobnie jak do balonika lub kieszki rowerowej, byłoby ono zgęszczone i ważyłoby na pewno więcej niż 1·2 g. Natomiast 1 litr powietrza ogrzanego, a więc rozrzedzonego, ważyłoby mniej niż 1·2 g.

Ciężar 1 cm³ jakiegokolwiek ciała stałego, czy ciekłego jest to, jak wiemy (str. 8), jego ciężar właściwy. — Jaki jest więc ciężar właściwy powietrza? Zależać to będzie oczywiście od stanu, w jakim to powietrze było ważone. Przyjęto ciężar właściwy powietrza odnosić do powietrza t. zw. normalnego, t. j. ani ściśniętego, ani rozprężonego, przytem znajdującego się w temperaturze 0° C. — Ciężar 1 cm³ takiego powietrza, czyli jego ciężar właściwy, wynosi dokładnie 0·00129 g = 1·29 miligrama. — Jeden litr takiego powietrza waży więc 1·29 grama.

W porównaniu do ciężarów właściwych soli kamiennej, żelaza rtęci i t. p. ciał stałych i ciekłych (p. str. 8) ciężar właściwy powietrza jest więc około 1000-krotnie mniejszy.

¹⁾ Uwaga. — Oprócz pomp „tłokowych“ do wypompowywania gazów służą też i inne pompki próżniowe, skonstruowane na zgoła odmiennych zasadach. — Dokładne wypróżnienie naczynia z powietrza wymaga pompy sprawnie działającej. — Przez co powyższe doświadczenie nie wszędzie daje się wykonać.

Wnioski: — 1) Ciężar właściwy powietrza wynosi 0·00129 g, t. j. okrągło 1·3 miligrama. — 2) Otaczające nas powietrze jest tysiąckrotnie i więcej razy lżejsze, niż jakiegokolwiek ciało stałe lub ciekłe.

Pytania: — 1) Dlaczego powietrze ogrzane musi być lżejsze a oziębione cięższe? — 2) Ile wynosić będzie ciężar 1 litra powietrza ściśniętego do $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{10}$ części swej pierwotnej objętości w stanie normalnym? — 3) Czy ruch ciała obcego w powietrzu rozrzedzonym i zgęszczonym napotka na taki sam opór? W którym powietrzu będzie opór większy?

7. Ciśnienie powietrza. — Już poprzednio doszliśmy do wniosku, że powietrze, znajdujące się w ruchu (np. wiatr), wywiera ciśnienie na przedmioty (p. str. 20), które owiewa. — Czy powietrze atmosferyczne, będące w spoczynku, wywiera również ciśnienie na przedmioty, z którymi się styka? Zdałoby się mogło, że nie, skoro tego sami nie odczuwamy. Tak jednak nie jest.

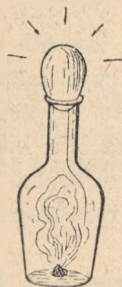


Fig. 19. Ciśnienie powietrza. Jaje ugotowane na twardo i obrabowane ze skorupy, po wstawieniu w otwór karafki, zostanie w nią wgniecione ciśnieniem zewnętrznego powietrza, jeśli wewnątrz karafki rozrzedzimy powietrze przez ogrzanie go.

Do karafki z szerszym otworem dobierzmy jaje kurze, grubsze niż ten otwór. Ugotujmy je na twardo i obierzmy ostrożnie ze skorupy. Rozrzedźmy powietrze wewnątrz karafki przez ogrzanie. Najłatwiej to uczynić przez wrzucenie do wnętrza karafki zapalonego kłęбка waty napojonej alkoholem. Poczem przykryjmy otwór karafki węższą stroną ugotowanego jaja, jak na Fig. 19, początkowo zlekka je nacisnąwszy. Co się stanie? Jaje powoli wgłębiać się pocznie w szyjkę karafki i następnie wpadnie do jej wnętrza. — Jakaś niewidoczna siła musiała to sprawić. Siła ta pochodzić tu może jedynie tylko od zewnętrznego powietrza. Powietrze wewnątrz karafki, rozszerzając się przez ogrzanie, uszło z niej częściowo (p. str. 18). Pozostała zaś reszta przez ostygnięcie i odcięcie od zewnętrznego powietrza, musiała się stać bardziej rozrzedzona. Od wewnątrz karafki jaje więc nie mogło doznawać ciśnienia tej wielkości, co z zewnątrz, a więc od powietrza zewnętrznego. — Gdybyśmy doświadczenie to powtórzyli z karafką odwróconą (po zamknięciu jajem) szyjką ku dołowi — wynik byłby ten sam, i tak samo przy każdym innym położeniu, np. poziomem.

Wniosek: *Powietrze atmosferyczne wywiera ciśnienie na każdy przedmiot, z którym bezpośrednio się styka.*

Ciśnienie powietrza atmosferycznego różni się od ciśnienia, wywieranego przez ciała stałe na podstawę (str. 2), tem, że działa nie tylko w kierunku pionowym, lecz z każdej strony przedmiotu, a więc z góry, z boków, od dołu. To ciśnienie powietrza w zwykłych warunkach nie ujawnia się tam, gdzie jest ono z każdej strony jednakie. Natomiast staje się widocznym, gdy występuje różnica ciśnień, np. z powodu wiatru. Jest wiele zjawisk, występujących wskutek różnic ciśnienia powietrza. Rozważmy następujące:

1) Zanurzymy do naczynia z wodą *A* dłuższą rurkę szklaną *B* otwartą na obu końcach, jak na Fig. 20. — Woda wejdzie do rurki, bo wypierane przez wodę powietrze z rurki może uchodzić przez jej otwór górny. Okaże się, że woda wewnątrz rurki zatrzyma się na tym samym poziomie, co i w naczyniu zewnątrz rurki. — Niewątpliwie na powierzchnię wody zewnątrz i wewnątrz otwartej rurki ciśnienie i to tak samo. — Stwierdzamy przeto, że *w dwu otwartych, lecz połączonych ze sobą wewnętrznie naczyniach powierzchnie cieczy przyjmują ten sam poziom.*

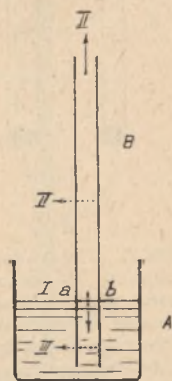


Fig. 20. Połączone naczynia. Poziomy wody *I* w otwartej rurce *B* i w naczyniu *A* przesuwają się, gdy z rurki ustami wyciągamy powietrze *II*, lub w nią wtłaczamy *III*.

2) Zaopatrzymy węzem gumowym górny koniec powyżej opisanej rurki szklanej, częściowo zanurzonej w wodzie (Fig 20). Spróbujmy przez tę rurkę wciągnąć nieco ustami powietrza. Wnet wewnątrz rurki woda podniesie się (np. do położenia *II*) i to tem wyżej, im mocniej rozrzedzimy powietrze wewnątrz rurki. — Spróbujmy następnie wtłoczyć nieco powietrza do rurki: poziom wody w rurce opadnie poniżej poziomu wody w naczyniu zewnętrznym (położenie *III*). Odejmiemy wreszcie od ust rurkę gumową, czyli przywróćmy wewnątrz rurki szklanej ciśnienie normalne: poziom wody zrównają się (położenie *I*).

3) Powtórzmy doświadczenia powyższe z następującą odmianą: Dwie rurki szklane *A* i *B* — mogą być one różnej szerokości — połączmy ze sobą rurką gumową *R* przy pomocy szczelnie dopasowanych korków, jak na Fig. 21. W ten sposób powstają dwa zbiorniki, w których nalana ciecz przechodzić może rurką *R* z jednego w drugi. Będą to dwa połączone ze sobą wewnętrznie naczynia, podobnie jak

na Fig. 20 większy zbiornik *A* ze wstawioną weń otwartą rurką *B*. Wtłaczaniem lub wysysaniem powietrza przez górny otwór którejkolwiek z rurek tak ze sobą połączonych (Fig. 21) sprawdzimy te same, co poprzednio objawy. — Tak samo jak woda zachowuje się i każda inna ciecz, np. nafta, rtęć.



Fig. 21. Połączone naczynia. W dwu naczyniach *A* i *B* połączonych ze sobą rurką *R* poziomy cieczy przesuwają się, jeśli ciśnienie powietrza nad cieczą w obu rurkach *A* i *B* nie jest równe.

Wnioski: — 1) W dwu połączonych ze sobą dowolnego kształtu zbiornikach poziomy tej samej cieczy są zawsze sobie równe, gdy ciśnienia powietrza nad cieczą w obu zbiornikach są równe. — 2) W razie nierówności ciśnień powietrza w obu naczyniach, poziom cieczy znajdującej się pod ciśnieniem zwiększonym opada, a podnosi się pod ciśnieniem zmniejszonym.

Pytania: — 1) Co sprawia, że przez otwartą rurkę, zanurzoną w szklance z wodą możemy z niej do ust wciągać wodę? (Doświadczenie.) — 2) Co się stanie, gdy w przyrządzie, jak na Fig. 22, zwanym tryskawką, będziemy ustami przez rurkę *a* silnie wdymać powietrze, a co nastąpi, gdy będziemy je wysysali — i dlaczego? (Doświadczenie.) — 3) Co sprawia, że powietrze zamknięte w próbówce, jak na Fig. 16, przez ogrzanie uchodzi z niej bańkami, a przeciwnie przy oziębianiu wlewa się do próbówki woda?

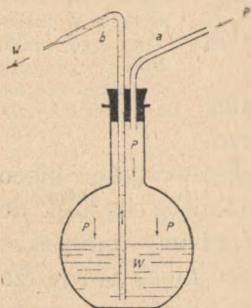


Fig. 22. Tryskawka. Powietrze *P* wtłaczane ustami przez rurkę *a* do zamkniętej korkiem kolby z wodą, wytwarza nad wodą zwiększone ciśnienie, wskutek czego woda zostaje wcisnięta w rurkę *b* od dołu i wytryska zeń górą.

8. Barometr. — Do rurki szklanej, długiej około 100 cm i zasklepionej na jednym końcu, nalejmy rtęci do samej góry. Powietrze, które wypełniało rurkę, zostało przez to z rurki usunięte, poczem otwór rurki, wypełnionej w ten sposób całkowicie rtęcią, zamknijmy mocno palcem. Obróćmy następnie rurkę otworem tym ku dołowi i nie odejmując palca, zanurzymy koniec rurki pod powierzchnię rtęci, znajdującej się w miseczce jak na Fig.

23. — Gdy następnie usuniemy palec z otworu rurki, rtęć wypełniająca rurkę *b* zetknie się wewnątrz z rtęcią w miseczce. Jednocześnie spostrzeżemy, że słup rtęci, wypełniający przedtem całkowicie rurkę, teraz nagle się skróci tak, że górna część

rukki *a* nie zawiera już rtęci. — Czy do rurki weszło powietrze? — Stać się to nie mogło, bo górny koniec rurki jest zasklepiiony i żadnej nieszczelności w szkłe nie ma. A więc w tej górnej części rurki powietrza nawet rozrzedzonego być nie może. — Niema więc tam i żadnego ciśnienia na powierzchnię rtęci *h*. — W tej górnej części rurki powstała przeto prawdziwa „próżnia“, t. j. przestrzeń niewypełniona żadną materją. Dalszą ku dołowi część rurki wypełnia słup rtęci, wysoki ok. 76 cm. — Jak się to stać mogło? Jakie siły to sprawić mogły? — Oczywiście, że przyczyną jedyną jest tu ciśnienie *B* zewnętrznego powietrza, ciśnienie, działające na wolną powierzchnię rtęci w miseczce. Gdyby nad rtęcią w miseczce nie było żadnego ciśnienia, rtęć wewnątrz rurki musiałaby opaść do tego samego poziomu, co w miseczce. Gdyby rurka barometryczna została u góry nagle otwarta, czyli powietrze zewnętrzne weszłoby do próżni, rtęć z rurki spadłaby również do poziomu w miseczce (p. w. str. 23, Fig. 20). Wtedy nad powierzchnią rtęci wewnątrz rurki wytworzyłoby się to samo ciśnienie, co i nazewnątrz, w miseczce, a mianowicie — ciśnienie atmosferycznego powietrza.

Taka rurka szklana, wypełniona rtęcią i wstawiona w powyższy sposób w odpowiedni mały zbiornik na rtęć, stanowi przyrząd, zwany barometrem.

Barometr służy do mierzenia ciśnienia powietrza. — Dlaczego? Czy z wysokości słupa rtęci w rurce barometrycznej można sądzić o wielkości tego ciśnienia?

Z poprzednio opisanych doświadczeń z wodą, jak na Fig. 20 i 21 wiemy, że im bardziej wyssimy powietrze z rurki, zanurzonej w otwartym naczyniu z wodą, tem wyżej podniesie się woda w rurce. W barometrycznej rurce, w górnej jej części, wcale już powietrza niema. Wysokość więc słupa rtęci w barometrze będzie najwyższą wysokością, do jakiej ciśnienie powietrza zewnętrznego wtłoczyć może rtęć w wypróżnioną zupełnie rurkę. — Wysokość tę *h* odczytujemy na odpowiedniej podziałce milimetrowej np. jak Fig. 23. Zwie się ona wysokością barometryczną. Wynosi ona około

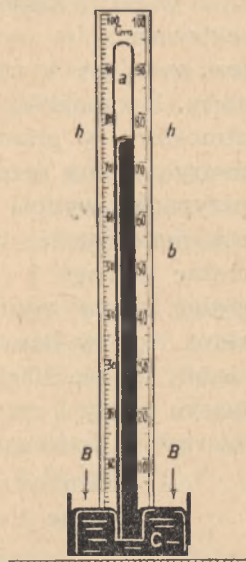


Fig. 23. Barometr rtęciowy.

760 mm, t.j. 76 cm. Tej to wysokości słup rtęci równoważy panujące w otoczeniu barometru ciśnienie atmosferycznego powietrza.

O ile to ciśnienie ulega zmianie, zmienia się i wysokość barometryczna. Im wysokość barometryczna jest większa, tem wyższe jest panujące w danej miejscowości i w danej chwili ciśnienie atmosfery. Z wysokości barometrycznej możemy łatwo obliczyć ciśnienie atmosfery w gramach lub kilogramach. — Jeśli np. rurka barometryczna ma przekrój 1 cm^2 , a wysokość barometryczna w danym przypadku wynosi $740\text{ mm} = 74\text{ cm}$, to słup rtęci tak wysoki i szeroki ma objętość: $1\text{ cm}^2 \times 74 = 74\text{ cm}^3$. — Ciężar właściwy rtęci, t.j. ciężar jednego 1 cm^3 wynosi — jak wiemy — ok. $13\cdot6\text{ g}$, a więc ciężar 74 cm^3 wyniesie: $13\cdot6 \times 74 = 1000\cdot6\text{ g}$. Jest to więc ciężar słupa rtęci w barometrycznej rurce szerokiej na 1 cm^2 . — Ten to ciężar, t.j. ok. 1000 g , czyli 1 kg , stanowi więc siłę, z jaką powietrze uciska każdy 1 cm^2 powierzchni rtęci w miseczce, a tak samo i powierzchnię każdego innego przedmiotu w tem miejscu.

Wniosek: Ciśnienie atmosfery w okolicach nizinnych wynosi na 1 cm^2 powierzchni ok. 1000 g , t.j. ok. 1 kg .

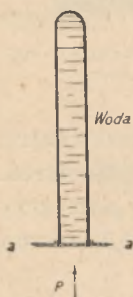


Fig. 24. Ciśnienie powietrza. Woda, wypełniająca całkowicie obróconą dnem do góry próbkówkę, przykrytą skrawkiem bibuły aa , nie wylewa się z próbówki, bo ją podtrzymuje od dołu ciśnienie powietrza.

Pytania: — 1) Czy wysokość słupa rtęci w barometrze zmniejszy się, gdy ciśnienie atmosfery zmaleje? — 2) Wysokość barometryczna jest w górach niższa, niż na nizinach, a najwyższa na poziomie mórz. Co z tego wynika? — 3) Czy długość rurki barometru rtęciowego może być krótsza, np. wynosić tylko 50 lub 60 cm? — 4) Czy w rurce szklanej 100 cm długiej, zamkniętej z jednego końca szczelnym korkiem gumowym i całkowicie wypełnionej wodą, powstanie po jej zanurzeniu otwartym końcem w wodzie — próżnia? A jeśli nie powstanie, to dlaczego? — 5) Jaką długość musiałaby mieć rurka barometru, wypełnionego nie rtęcią, lecz wodą, jeśli wiemy, że woda jest $13\cdot6$ razy lżejsza od rtęci? — 6) Napełnić całkowicie próbkówkę wodą tak, by po przykryciu jej otworu skrawkiem bibuły pod bibułą nie było bańki powietrza. Przewrócić ostrożnie dnem do góry, jak na Fig. 24. Woda nie wyleje się. Dlaczego? (Doświadczenie.)

9. Zestawienie własności powietrza. — 1) Powietrze jest ciałem przezroczystym, bezbarwnym, bezkształtnym. Nie można go rozpoznać ani wzrokiem, ani smakiem, ani dotykiem.

2) Powietrze nie może jednocześnie zajmować przestrzeni wypełnionej innem ciałem, np. wodą, szkłem, rtęcią i t.d.

3) Powietrze jest ciałem bardzo ściśliwem i b. sprężystem. Jego ściśliwość tysiąckrotnie przewyższa ściśliwość cieczy. Jego prężność zależy od przestrzeni (objętości), którą dana ilość powietrza wypełnia.

4) Powietrze stawia opór ruchowi ciał. Powietrze, będąc samo w ruchu, wywiera w kierunku swego ruchu ciśnienie większe, niż ciśnienie powietrza spokojnego.

5) Powietrze wykazuje własny ciężar, a więc posiada masę. Ciężar właściwy normalnego powietrza, t. j. ciężar 1 cm^3 jest $= 0.0013\text{ g}$, bardzo mały: tysiąckrotnie i więcej razy mniejszy, niż jakiegokolwiek ciała stałego i ciekłego.

6) Całość powietrza, otaczającego kulę ziemską, stanowi atmosferę ziemi. Powietrze atmosferyczne, t. j. powietrze swobodne, wywiera zewsząd na przedmioty ciśnienie. Ciśnienie to mierzy się barometrem. Pod ciśnieniem jednej atmosfery rozumiemy ciśnienie, wywierane na 1 cm^2 powierzchni ciała. Wynosi ono na poziomie mórz dokładnie 1033 g , co odpowiada 76 cm wysokości barometrycznej.

Wniosek ogólny: Skoro *powietrze* wykazuje własny ciężar, skoro stanowi opór ruchowi w nim ciał obcych, skoro wypełnia sobą przestrzeń, której jednocześnie nie może zajmować inne ciało i t. d. — przeto, — tak samo jak wszystkie ciała stałe i ciekłe — *powietrze jest ciałem materjalnem* (materją).

10. Stany skupienia materji. — Stan, w którym znajduje się materja tworząca powietrze, jest zgoła inny, niż stan ciał stałych i ciekłych. — Ciała stałe mają kształt własny, własną objętość, są mało ściśliwe, mniej lub więcej twarde, znacznie cięższe od powietrza. — Ciecze nie mają własnego kształtu, lecz przybierają kształt naczynia, w którym się znajdują, przytem tworzą od góry własną powierzchnię swobodną, która jest zawsze pozioma; są łatwo podzielne i t. d.

Za ogrzaniem ciała stałe mogą się topić i przechodzić w stan cieczy. Np. lód — w wodę. Odwrotnie ciecze przez oziębienie przechodzą w stan stały, np. woda — w lód, śnieg. — To samo ciało, t. j. ten sam gatunek materji może być w pewnych warunkach cieczą, w innych — ciałem stałym, np. wosk skrzepły i stopiony; parafina, stearyna — stała i ciekła; woda — w postaci lodu, śniegu, woda — w postaci cieczy i t. d. — Rozróżniamy przeto narazie dwa od-

mienne stany skupienia, w których ta sama materja istnieć może: 1) stan stały, 2) stan ciekły. — Istnieje nadto jeszcze jeden, odmienny od poprzednich stan trzeci, mianowicie: 3) stan gazowy. — Czem się on wyróżnia?

Parowanie. — Pozostawmy na wolnem powietrzu otwarte naczynie z cieczą, np. trochę wody i benzyny, każdej z osobna po 10 cm^3 , na płaskich miseczkach, jak na Fig. 25. — Benzyna w krótkim czasie zniknie, to samo choć powoli stanie się z wodą.

Na zapytanie, co się z benzyną stało, odpowiadamy: ulotniła się. — A z wodą? — Wyschła. — Po ulotnieniu się benzyny nie ma już cieczy na miseczce, ale w otoczeniu, w powietrzu odczuwamy

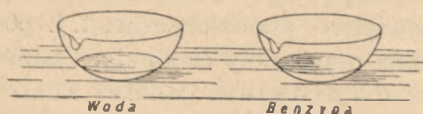


Fig. 25. Parowanie cieczy. Benzyna wyparuje z otwartego naczynia w tej samej temperaturze daleko szybciej, niż woda.

jej obecność po zapachu, choć jej nie widzimy. — W jakież więc stan przeszła ciekła benzyna? Ani wzrokiem, ani dotykem stanu tego stwierdzić niepodobna. To jednak jest pewne, że ulotniona benzyna wniknęła

w powietrze, z niem się wymieszała i stała się tak samo jak zwykle powietrze niewidoczna.

Ten stan ukryty, w którym benzyna znajduje się po ulotnieniu, jest zupełnie podobny do stanu, jakim wyróżniamy powietrze. Stan ten nazywamy stanem gazowym, a ciała znajdujące się w tym stanie — gazami. Przejście benzyny ze stanu ciekłego w stan gazowy zwiemy parowaniem. Stąd benzynę gazową nazywać też można parą benzyny.

Podobnie jak benzyna zachowują się i inne ciecze, a więc np. eter, alkohol, woda i t. d. — Ciecze parują przeto na wolnem powietrzu, a szybkość ich parowania zależy od temperatury i rodzaju cieczy. W tej samej temperaturze, np. w temperaturze pokojowej, eter, benzyna — ulatniają się szybko, alkohol — powolniej, woda — najpowolniej. — Spróbujmy sprawdzić to z wodą.

W tym samym czasie, np. w 5—10-ciu minutach, gdy z otwartej miseczki benzyna wyparowała całkowicie, na miseczce z wodą nie znać ubytku wody. Nie można też po zapachu rozpoznać obecności pary wodnej w otaczającym powietrzu, bo woda czysta zapachu nie posiada. Można to jednak stwierdzić inaczej. — Zagrzijmy wodę w otwartym kubku szklanym na spirytusowej lampce. — Nad za-

grzaną wodą umocujemy nad kubkiem większy kubek, lub lepiej lejek szklany, obrócony, jak na Fig. 26. Wnet dostrzeżemy zamglenie zimnych ścian lejka, a po pewnym czasie rozpoznamy zbieranie się drobnych kropelek na jego wewnętrznej powierzchni. Kropelki te — to ciekła woda. — Powstać ona mogła nieinaczej jak z niewidocznej pary wodnej, wypełniającej wnętrze lejka. Para ta musiała być gorąca, bo woda w kubku, z której się ta para jedynie wytworzyć mogła, była również ogrzana. Gorąca więc para wodna, stykając się z zimniejszą od niej ścianą lejka, oziębiała się i tu się skropliła. — Woda więc niewątpliwie paruje.

Wnioski: — 1) *Parowanie jest ogólną własnością cieczy.* — 2) *Ogrzewanie, t. j. podniesienie temperatury, ułatwia parowanie.* — 3) *Oziębianie pary spowodować może jej skroplenie.*

Wrzenie. — Przy dalszem — coraz to wyższem ogrzewaniu wody — występuje nowe zjawisko. Oto na dnie naczynia. np. kolbki szklanej, jak na Fig. 27, wewnątrz ogrzewanej wody poczynają się tworzyć bańki, początkowo drobnutkie, potem coraz to większe. Odrывая się od ścian naczynia i unosząc się ku powierzchni wody, bańki te wprawiają całość wody w gwałtowne kłębienie się. Zjawisko to zwiemy wrzeniem. Wydobywające się z cieczy podczas wrzenia pęcherze wypełnione są niczem innym, jak parą wrzącej cieczy. Para ta jest oczywiście ogrzana w tym samym stopniu, co i otaczająca pęcherze pary, woda. Para wody jest niewidoczna, dopóki się nie skropli, gdy się skropli, przestaje być parą, bo się

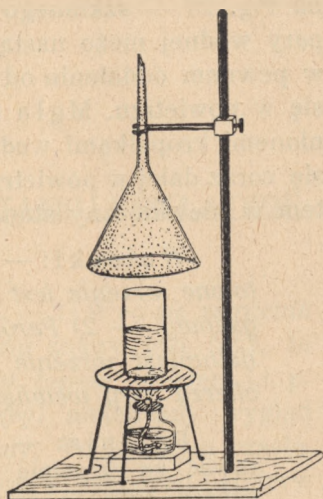


Fig. 26. Ogrzewanie przyspiesza parowanie. — Zagrzana w kubku woda szybciej paruje niż zimna. Jej para skrapla się na zimnych ścianach ustawionego nad kubkiem lejka.

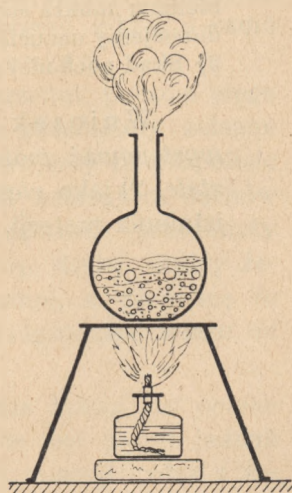


Fig. 27. Wrzenie cieczy: para tworzy się nie tylko z powierzchni cieczy, lecz i w jej wnętrzu w postaci baniek.

zamienia na ciecz. Powstawanie pary wytwarzającej się z wrzącej wody łatwo sprawdzić można przez ustawienie — jak poprzednio na Fig. 26 — szklanego lejka nad otworem kolby. To oziębienie pary wodnej może nastąpić i w samym powietrzu. Wtedy widzimy w pewnem oddaleniu od wylotu kolby z wrzącą wodą mgłę tworzącą się w powietrzu. Mgła nie jest już parą, lecz niezmiernie rozdrobnionymi kropelkami wody, a więc wodą ciekłą. Mgła ta, rozchodząc się coraz dalej w powietrzu, znika, albowiem przemienia się zpowrotem w niewidoczny stan pary.

Wnioski: — 1) *Zarówno powolne parowanie, jak i gwałtowne wrzenie jest przejściem cieczy ze stanu ciekłego w stan gazowy.* — 2) *Parowanie odbywa się tylko z powierzchni cieczy, natomiast wrzenie połączone jest zawsze z powstawaniem pęcherzy pary wewnątrz cieczy.*

Pytania: — 1) Czy ciecz, np. eter, benzyna, może wyparować ze szczelnie zamkniętej flaszki? — 2) O czym świadczy zapach różnych wonnych ciał, np. terpentyny, alkoholu, nafty, kwiatów, owoców i t. p.? — 3) Czy są ciała stałe wydające zapach? — 4) Czy ciała stałe mogą parować? A czy mogą wrzeć? — 5) Czem są chmury, obłoki, mgły? — 6) Czy ruch powietrza nad otwartą cieczą ułatwia parowanie? — Sprawdzić to na benzynie lub eterze przez wachlowanie lub użycie mieszka. — 7) Dlaczego bielizna mokra schnie szybciej na wietrze i w cieple? — 8) Jakiego doznajemy uczucia, gdy wylany na dłoń eter szybko odparowuje? — 9) Skąd pochodzi uczucie zimna po kąpieli, szczególnie na wietrze?

Wniosek ogólny: *Jedno i to samo ciało materialne występować może w trzech różnych postaciach: 1) jako ciało stałe, 2) jako ciecz, 3) jako gaz.* — Są to trzy odmienne formy istnienia materji. Nazywamy je *stanami skupienia*.

ROZDZIAŁ III.

O POWIETRZU, JEGO ODDZIAŁYWANIU I SKŁADZIE.

1. Zachowanie się metali w powietrzu. — 1) *W co się zamienia żelazo pod wpływem powietrza?* — Każdemu znany jest fakt, że oczyszczony świeżo przedmiot żelazny, np. nóż, łopata, siekiera i t. p. ma powierzchnię błyszczącą. Ten błyszczący, metaliczny wygląd przedmiotów żelaznych nie jest jednak trwały. Po pewnym czasie, szczególnie na wilgoci, powierzchnia przedmiotów żelaznych najpierw matowieje, poczem brunatnieje, pokrywając się coraz to grubszą warstwą proszkowatego materiału. Widzimy to na każdym nieczyszczonym przedmiocie żelaznym, pozostawionym przez czas dłuższy w powietrzu, np. na starych gwoździach, drutach, zamkach, łomach starego żelaziwa i t. p. — Ten brunatny proszkowaty materiał, którym się pokrywa żelazo w powietrzu, nazywamy rdzą, a samo zjawisko przemiany żelaza w rdzę — rdzewieniem.

Rdzewienie żelaza rozpoczyna się z powierzchni, poczem sięga coraz głębiej tak, że z biegiem czasu cieńsze przedmioty żelazne mogą całkowicie pyzemić się w rdzę. Obserwujemy to pospolicie np. na przedziurawianiu się blaszanych naczyń żelaznych, dachów pokrytych blachą żelazną i t. p. — Chcąc uchronić przedmioty takie od rdzewienia, pokrywa się je farbą (np. dachy, mosty żelazne) lub polewą (np. różne naczynia kuchenne), a czyni się to dlatego, że powłoki te (farba, polewa i t. p.) odgradzają żelazo od zetknięcia z powietrzem.

Wnioski: — 1) *Przyczyną rdzewienia żelaza jest powietrze.* — 2) *Rdza powstaje z żelaza.* — Nie jest to już jednak żelazo, lecz odmienne ciało, inny rodzaj materji: rdza z żelaza nie ma ani twardości ani połysku żelaza, jest krucha niekwalna, ma inny ciężar właściwy i t. d., słowem — 3) *Po przemianie żelaza na rdzę — wszystkie właściwości żelaza zanikają.*

2) *Działanie powietrza na miedź, ołów, sól.* — Miedź jest metalem bardziej miękkim niż żelazo, daje się kuć na zimno, świeżo oczyszczona ma wybitny połysk czerwony. Ten swoisty połysk miedzi również nie jest trwały. Przedmioty miedziane, na powietrzu pozostające, matowieją, szarzejąc coraz bardziej. Widzimy to na telefonicznych drutach miedzianych, na kociołkach, rondlach, dachach. — Pod działaniem powietrza, miedź, podobnie jak żelazo, rdzewieje. — Rdza miedzi ma jednak inny wygląd: jest czarna i przywiera mocniej do metalu, niż rdza na żelazie.

Ołów jest również metalem, który na powietrzu ulega zmianie. Stopiony kawałek ołowiu, w większej łyżce lub małej rynewce żelaznej, jak na Fig. 28, daje ciecz, błyszczącą jak srebro, podobną

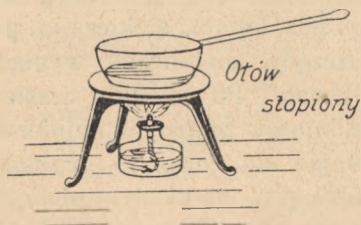


Fig. 28. Topienie ołowiu w otwartym naczyniu powoduje szybkie zmatowienie błyszczącej powierzchni i wytwarzanie się szarego proszku.

do rtęci. Skrzepły zachowuje przez czas pewien ten sam połysk. Natomiast przedmioty ołowiane, będące w użyciu, np. rury gazowe lub wodociągowe — mają wygląd szary, bo powierzchnia tych przedmiotów pod działaniem powietrza przemieniła się powoli na rdzę ołowianą. — To rdzewienie ołowiu odbywa się na gorąco znacznie szybciej, niż na zimno.

Powierzchnia stopionego ołowiu odrazu pokrywa się cienką warstewką szarej i niebłyszczącej rdzy. Mieszając małą łopatką żelazną stopiony w tygielku ołów, obnażamy wciąż jego powierzchnię na nowo i przez to ułatwiamy coraz to dalsze tworzenie się rdzy. W ten sposób można nawet całą zawartość ołowiu w tyglu przetworzyć na rdzę ołowianą.

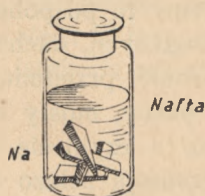


Fig. 29. Sól metaliczny Na musi być przechowywany w nafcie.

Sód — jest metalem, który nawet na zimno bardzo szybko ulega w powietrzu przemianie. Na metal ten działa również woda (p. n. str. 70). Wobec tego należy go chronić od powietrza i wilgoci. Przechowuje się go zwykle w nafcie, w zamkniętym słoju (Fig. 29).

Sód jest tak prawie miękki jak wosk. Można go krajać nożem. Cienkie skrawki sodu, po odcięciu z większego kawałka, błyszczą srebrzysto, wnet jednak ich błyszcząca powierzchnia pokrywa się białym proszkiem. Po pewnym czasie takie płatki sodu, o ile nie

były za grube, w całości przemieniały się w białą proszkowatą materję. Jest to rdza sodu.

Podobnie jak na wymienione metale: żelazo, miedź, ołów, sód, oddziaływa powietrze i na wiele innych, np. na magnez, cynk, potas. — Wszystkie one szybciej lub wolniej przetwarzają się w powietrzu na proszkowate ciała (rdze), nie przypominające niczem metalu, z którego powstały. Tego rodzaju metale — nazywamy metalami nieszlachetnymi. W przeciwieństwie do nich stoją takie metale, które ani na zimno, ani na gorąco, ani w suchem, ani w wilgotnem powietrzu — nie ulegają żadnym zmianom. Tu należą np. srebro, złoto, platyna i wiele innych. Metale te zwą się szlachetnymi.

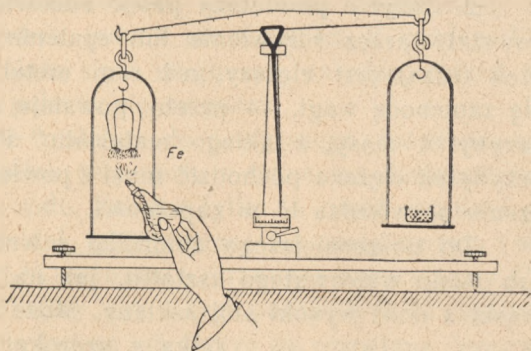


Fig. 30. Przyrost ciężaru żelaza przy rdzewieniu.

Rdzewienie nieszlachetnych metali w powietrzu odbywa się tem szybciej, im metal jest gorętszy. Widzieliśmy to na ołowiu. Sprawdźmy to jeszcze raz na żelazie, przyczem spróbujemy przekonać się, co ma większy ciężar: czy metal, czy rdza z niego powstała. W tym celu doświadczenie z rdzewieniem żelaza *Fe*, wykonajmy na wadze, jak na Fig. 30.

Doświadczenie z opiłkami żelaza. — Podejmijmy magnesem nieco świeżo otrzymanych z pod pilnika błyszczących opiłków żelaza. Zawieśmy magnes z opiłkami na haczyku wagi. Całość odtańrujemy śrutem na przeciwnym talerzu wagi. Poczem ostrożnie ogrzewajmy opiłki płomieniem lampki spirytusowej. Opiłki poczną się żarzyć i powoli opadać na talerz wagi. Z opiłków powstała rdza żelazna. Na wadze równowaga znikła. Strona z opiłkami przemienionymi na rdzę okazała się cięższa i to znacznie.

Taki sam wynik da również i magnez. — Biały proszek powstały z magnezu przez spalenie w powietrzu kawałka wstążki magnezowej wykazuje większy ciężar, niż użyty do spalenia magnez.

Wniosek: Powstała z nieszlachetnego metalu przez działanie powietrza rdza ma ciężar większy, niż sam metal.

Pytania: — 1) Dlaczego do powyższych doświadczeń brane są świeże, błyszczące opilki, a nie kawałek żelaza? — 2) Dlaczego żelazo, wychodzące z pod młota kowalskiego, nie jest błyszczące? — 3) Który z metali, żelazo, czy miedź — jest bardziej nieszlachetny? — 4) Dlaczego różne przedmioty żelazne lub mosiężne, np. nożyczki, rączki noży, kierownice rowerowe i t. p. są niklowane?

2. Zużycie powietrza przez rdzewienie metali. — Ponieważ powstały przez rdzewienie lub spalanie metalu w powietrzu proszek (rdza) jest cięższy, niż sam metal — o czym przekonaliśmy się zapomocą wagi, — przeto powstaje pytanie, skąd powstał ten przybytek masy, z jakiego materiału? Podejrzwać można, że ten przybytek ciężaru pochodzić musi z powietrza. Następujące doświadczenie potwierdza to w zupełności.

Do obszerniejszego zbiornika z wodą, np. wanienki szklanej, lub miski walcowatego kształtu, jak na Fig. 31, wstawmy niezbyt wąski a dość wysoki słoć szklany. Może to być nawet większa butelka z szeroką szyjką i z odbitem dnem. Do szyjki tego słoja lub flaszki dopasujemy szczelnie wchodzący korek, a w korku tym od dołu umocujemy na żelaznym drucie skręconą spiralnie wstążkę magnezu, wagi około $1-1\frac{1}{2}$ grama. Poziomy wody w zewnątrz naczyniu i wewnątrz klosza będą oczywista te same (p. str. 23) i nie zmienia się, gdy otwór szyjki zamkniemy korkiem. Znaczący to, że powietrze, odcięte wewnątrz klosza, jest pod ciśnieniem takim samym, jak powietrze zewnętrzne. Początkową wysokość poziomów *I* wody zaznaczymy na kloszu, obwiązując go w tym miejscu

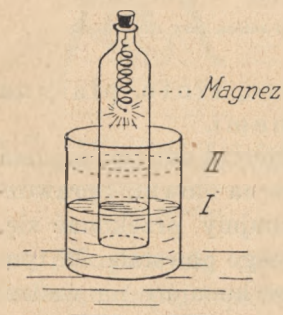


Fig. 31. Spalenie magnezu w powietrzu, zamkniętym w walcu, powoduje ubytek $\frac{1}{5}$ objętości tegoż.

sznurkiem. Zapalmy następnie koniec wstążki magnezowej i szybko wstawmy go do klosza, a korek szczelnie wetknijmy w otwór. Palenie się magnezu wewnątrz klosza trwa czas pewien, poczem ustaje, chociaż magnez nie spalił się całkowicie. Poczem obserwujemy, że w kloszu poziom wody podniósł się. Woda ze zbiornika weszła więc dołem do klosza. Widocznie w kloszu powietrza ubyło, a pozostały gaz ma prężność mniejszą od powietrza zewnętrznego. Gdy powietrze pozostałe pod kloszem ostygnie, dolejmy do zewnętrznego naczynia tyle wody, by się poziomy zrównały. Położenie to *II* zaznaczymy też sznurkiem. W tym stanie znów po-

wietrze zewnętrzne i pozostałe w kloszu, znajduje się pod tem samem ciśnieniem. (Dlaczego? Odp. str. 24). Zmierzymy teraz wysokość słoja od pierwotnego I poziomu, a następnie różnicę obu poziomów I i II. Przekonamy się, że ubytek w objętości powietrza zawartego w kloszu wynosi dokładnie $\frac{1}{5}$ całości.

Magnez, paląc się w zamkniętem powietrzu i zmieniając się na rdzę, zużywa to powietrze, jednak nie w całości. Z każdego litra powietrza tylko $\frac{1}{5}$ litra wiąże się z magnezem na rdzę, reszta, t. j. $\frac{4}{5}$ litra, nie podtrzymuje palenia się magnezu.

Ten sam wynik daje podobne do powyższego doświadczenie, wykonane z żarzeniem opiłek żelaznych, a tak samo doświadczenie z powolnem rdzewieniem sodu. Zawsze tylko $\frac{1}{5}$ część objętości powietrza, działającego na metal, zostaje przez ten metal zużyta i wytwarza zeń rdzę, reszta, t. j. $\frac{4}{5}$ pozostaje pozornie bez zmiany. Czy tak jest w istocie? — Spróbujmy, czy w tych pozostałych $\frac{4}{5}$ częściach powietrza może np. palić się świeca lub żarzyć się rozpalone łuczywo, jak w powietrzu otwartem.

Doświadczenie: Świeca odrazu gaśnie, tlejące łuczywo — również.

Wnioski: 1) Zużycie powietrza przy rdzewieniu metali wynosi najwyżej $\frac{1}{5}$ część jego objętości. — 2) Pozostałe powietrze nie podtrzymuje palenia.

3. Główne składniki powietrza. — Z powyższych doświadczeń z zachowaniem metali w powietrzu wynikają dalsze doniosłe wnioski. Powietrze składa się co najmniej z dwu rodzajów materji: 1) jednego, który podtrzymuje palenie i wytwarza z nieszlachetnych metali rdzę, 2) drugiego, który nie wytwarza ani rdzy, ani nie podtrzymuje palenia. Tej różnicy obu składników powietrza ani wzrokiem, ani dotykiem, ani smakiem — słowem bezpośrednio stwierdzić nie możemy, oba te bowiem składniki powietrza są gazami, najdokładniej wymieszanemi z sobą.

Gaz, który podtrzymuje palenie i stanowi $\frac{1}{5}$ część objętości powietrza, jest to tlen. Gaz nie podtrzymujący palenia i stanowiący $\frac{4}{5}$ całości powietrza zwie się azotem.

Wniosek: Powietrze jest więc mieszaniną $\frac{1}{5}$ części tlenu i $\frac{4}{5}$ części azotu.

Oprócz azotu i tlenu w wolnem powietrzu znajdują się jeszcze

i inne składniki, lecz w stosunkowo bardzo drobnej ilości. Przekonamy się o tem później (p. str. 38).

4. Zużycie powietrza przy paleniu. — Drzewo, węgle, nafta, parafina i t. p. materiały palne w otwartem powietrzu palą się z łatwością. Czy przy paleniu się tych ciał również zużywa się powietrze? I co się z niego zużywa?

Spróbujmy spalić świecę w zamkniętem powietrzu, a więc podobnie jak poprzednio pod słojem, zanurzonym do góry dnem w wodzie. Mały kawałek zapalanej świecy ustawiamy na pływaku

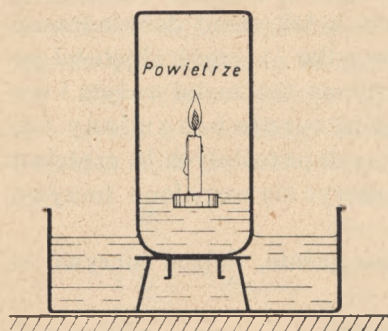


Fig. 32. Zużycie powietrza przy spalaniu się świecy.

z korka, jak na Fig. 32, poczem przykrywamy go słojem. Świeca czas jakiś pali się pod kloszem, poczem gaśnie. Woda i tym razem podnosi się wewnątrz słoja, co świadczy, że powietrza ubyło.

Wiemy już, że przy rdzewieniu i paleniu się metali powietrze zużywa się na wytworzenie rdzy. Na co zużyte zostaje powietrze przy spalaniu się świecy? Rdza tu nie powstaje. Zbadajmy jednak dokładnie pozostałe po spaleniu świecy

powietrze. Do tego celu użyjmy tak zwanej wody wapiennej.

Przygotowanie wody wapiennej. — Kawałek niewielki zwykłego wapna murarskiego polewamy na misce wodą i rozcieramy, aż się wytworzy mleczna ciecz. Ciecz tę zlewamy z nadmiaru osadu do litrowego słoja szklanego

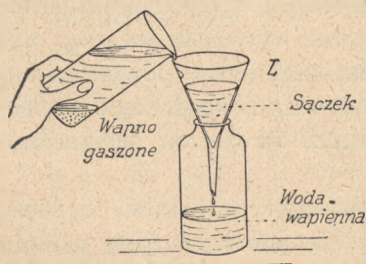


Fig. 33. Odsączanie cieczy od osadu wapna gaszonego.

i pozostawiamy w nim w spokoju do odstawienia się, poczem prawie przezroczystą już ciecz sączymy przez bibułę, umieszczoną w lejku *L* jak na Fig. 33. Sączek *S* z bibuły wycina się w postaci koła, którą składa się poczwórnie i umieszcza się w lejku (p. n. str. 56). Do podstawionej flaszki przesącza się bezbarwna klarowna ciecz. Jest to woda wapienna.

W wodzie wapiennej znajduje się rozpuszczone w niej t. zw. „wapno gaszone”. Przekonać się o tem można przez jej odparowanie.

Odparowywanie wody wapiennej. — Ogrzewanie, jak wiemy (p. str. 29), przyspiesza parowanie. Przeprowadzić je należy w otwartym naczyniu, najlepiej na płaskiej miseczce porcelanowej lub szklanej zwanej parownicą. Parownicę z mającą się odparować cieczą, umieszcza się na łaźni, t. j. przyrządzie, umożliwiającym ogrzewanie powolne, tak by ciecz nie zawrzała. Do tego celu służy łaźnia piaskowa. Jest to płaska, otwarta miska żelazna (jak mała patelnia) z warstwą piasku. Na piasku ustawia się parownicę (miseczkę) z cieczą do odparowania, a łaźnię ogrzewa się palnikiem, jak na Fig. 34. Po odparowaniu pewnej ilości wody wapiennej znajdujemy na parownicy nieco białego osadu. Jest to właśnie wapno gaszone, które znajdowało się „rozpuszczone” w wodzie, tworząc z nią klarowny roztwór wody wapiennej.

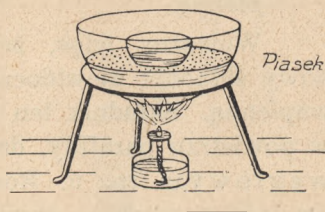


Fig. 34. Łaźnia piaskowa: Odparowywanie cieczy na łaźni piaskowej.

Wniosek: *Woda wapienna jest to roztwór wapna gaszonego w czystej wodzie.*

Podobnie jak wapno mogą się w wodzie rozpuszczać inne ciała, np. cukier, sól kuchenna, gips i t. p., tworząc z wodą przezroczyste roztwory (p. n. str. 56 i nast.). Sprawdzić to łatwo można przez odparowanie np. wody gipsowej, wody słonej, roztworu cukru i t. p. (Doświadczenia.)

Przy pomocy wody wapiennej łatwo odróżnić powietrze zwykłe od powietrza, w którym odbyło się spalanie świecy lub łuczywa. W tym celu do szklanego walca Fig. 35 dostatecznie wysokiego nalejemy nieco wody wapiennej. Przykrywamy walec ten płytką szklaną lub korkiem, skłóćmy nalaną doń wodę wapienną z powietrzem w walcu zawartem. W wodzie tej nie spostrzeżemy prawie żadnej zmiany, najwyżej lekkie tylko zmętnienie.

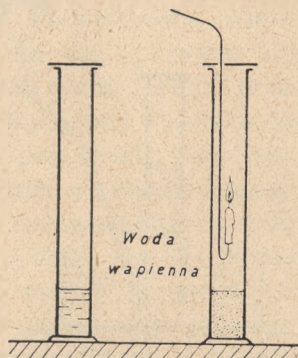


Fig. 35. Woda wapienna mąci się (wytwarza więc osad), po skłóceniu z bezwodnikiem węglowym, powstającym przez spalanie się świecy w powietrzu klosza.

A teraz wprowadźmy do walca palącą się świecę, jak na Fig. 35. Po chwili palenia się świeca gaśnie. Skłóćmy znów powietrze, znajdujące się obecnie w walcu z wodą

wapienną: woda odrazu silnie zmętnieje, powstanie w niej biały osad.

Wniosek: *Powietrze zużyte na spalanie w niem świecy lub tuczywa: 1) nie podtrzymuje palenia, 2) mąci wodę wapienną.*

Widoczna więc, że powietrze takie zawiera w sobie jakiś nowy składnik niewidoczny dla oka, lecz oddziaływujący na wodę wapienną. Składnik ten jest to gaz, wytworzony przy spalaniu się w powietrzu parafiny, drzewa, węgla — zwany bezwodnikiem węglowym (p. n. Roz. VI.). — Bezwodnik węglowy znajduje się też i w zwykłym powietrzu, ale w minimalnej ilości w stosunku do głównych składników tegoż, a mianowicie stanowi on zaledwie $\frac{3}{10\,000}$ część objętości powietrza, czyli 3 cm^3 na 10 litrów .

Wniosek: *Zużycie powietrza przy spalaniu drzewa, węgla, parafiny i t. p. polega na wyczerpaniu w niem tlenu i powstaniu bezwodnika węglowego.*

5. **Zużycie powietrza przy oddychaniu.** — Powietrze jest niezbędne dla podtrzymania życia i to zarówno zwierząt, jak i roślin. Zwierzęta, żyjące na powierzchni ziemi, podobnie jak człowiek ustawicznie oddychają. Oddychanie polega na kolejno po sobie następujących wdechu i wydechu powietrza z płuc.

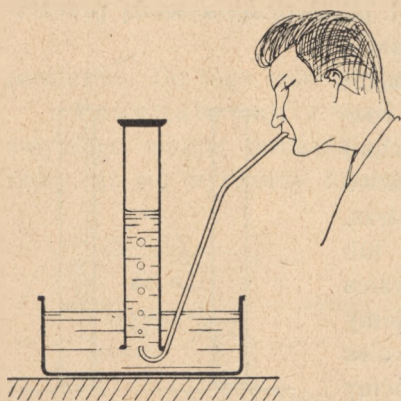


Fig. 36. Powietrze wydychane z płuc może być zebrane w walec.

Powietrze, które wciągamy do płuc, musi być powietrzem świeżym, nieużytem. Sprawdzić to łatwo doświadczalnie z jakimkolwiek drobnym zwierzęciem, np. z myszą. Wprowadźmy żywą mysz pod kloz, w którym powietrze zużyte zostało przez spalanie świecy. Wnet zginie: udusi się.

Powietrze, wydychane z płuc, jest powietrzem zużytem, podobnie, jak powietrze po spaleniu świecy, tuczywa. — 1) Zbierzmy powietrze, wydychane z płuc, do walca wypełnionego początkowo w całości wodą, zapomocą urządzenia jak na Fig. 36. Po wypełnieniu się walca wydychaniem powietrzem sprawdzmy, czy się w niem może palić

świeca. Przekonamy się, że nie: świeca odrazu gaśnie. — 2) Sprobujmy przepuszczać powietrze z płuc przez wodę wapienną, co z łatwością wykonujemy zapomocą rurki szklanej zanurzonej w tę wodę, jak na Fig. 37. Wnet wystąpi zmętnienie, a po nieco dłuższym przepuszczaniu — wytworzy się biały, charakterystyczny osad. Niewątpliwie więc z płuc wydziela się bezwodnik węglowy.

W płucach więc świeże powietrze ulega podobnej przemianie, jak powietrze, w którym odbywa się spalanie.

Wniosek: Przy oddychaniu zużywa się tlen powietrza i tworzy się bezwodnik węglowy.

Zdawaćby się mogło, że istoty żyjące w wodzie, np. ryby — nie potrzebują powietrza. Tak jednak nie jest. I ryby zużywają powietrze, które jest dla nich konieczne do życia, nie jest to jednak powietrze wolne, lecz rozpuszczone w wodzie.

Że w wodzie znajduje się powietrze rozpuszczone, o tem przekonywa nas następujące spostrzeżenie. — Karafka ze świeżo zaczerpniętą zimną wodą źródlaną lub wodociągową, wniesiona do pokoju ciepłego, w miarę ogrzewania się pokrywać się poczyna od wewnątrz drobnymi pęcherzykami gazu. Woda taka wlana do kubka i ogrzewana zlekka jeszcze wyraźniej zjawisko to wykazuje. Te banieczki gazu — to nie jest para wody, lecz powietrze, które było rozpuszczone w zimnej wodzie, a uchodzi z wody ogrzanej. Przez wygotowanie wody można rozpuszczone w niej powietrze całkowicie usunąć, a nawet zebrać (p. dośw. str. 62). Przez skłócenie wygotowanej, a oziębionej wody, można ją na nowo wysycić powietrzem. Ilość powietrza, rozpuszczonego w zimnej wodzie o temp. 0° , jest stosunkowo drobna, wynosi bowiem 29 cm^3 w 1 litrze wody, a w wodzie o temp. 20° jeszcze mniej: 18.7 cm^3 .

Ilość ta jednak jest zupełnie wystarczającą dla istot oddychających skrzelami, jakimi są ryby. — Woda przeciągana przez skrzelę oddaje organizmowi tlen, zawarty w rozpuszczonem w wodzie powietrzu a zabiera wytwarzający się i tu również bezwodnik węglowy.

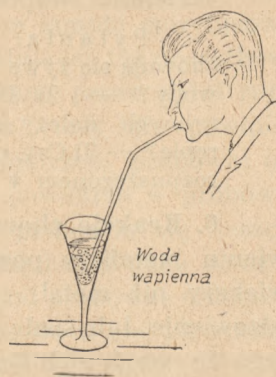


Fig. 37. Powietrze wydychane z płuc mąci wodę wapienną.

Wnioski: — 1) *Powietrze, a tak samo i bezwodnik węglowy, rozpuszcza się w wodzie.* — 2) *Istoty obdarzone skrzelami oddychają powietrzem rozpuszczonem w wodzie.*

Pytania: — 1) Dlaczego przez mały basen, w którym przechowują się żywe ryby, należy przepuszczać wciąż strumień świeżej wody? — 2) Dlaczego porą zimową w zamrożniętych stawach rybnych należy koniecznie wyrębywać i odnawiać wciąż przełęble? — 3) Czy oddychające płucami istoty mogą żyć powietrzem, rozpuszczonem w wodzie?

6. Reakcje chemiczne. — W poprzedzających ustępach o rdzewieniu metali w powietrzu stwierdziliśmy: 1) że rdza ma ciężar większy niż metal, z którego powstała, 2) że powietrze, w którym rdzewienie lub spalanie metalu miało miejsce, pozbawione zostało tego ze swych składników, który podtrzymuje palenie. Ten składnik powietrza jest to tlen. Stąd przychodzimy do wniosku, że metal, tworząc rdzę, łączy się z tlenem powietrza. Rdza przeto nie może być niczem innem jak tlenkiem metalu. W skróceniu całą tę przemianę zapisać możemy tak:

Metal + tlen → Tlenek metalu (rdza).

Do metali, które na powietrzu ulegają zmianie (rdzewieją), oprócz wymienionych poprzednio (str. 33) należy również i rtęć, lecz tylko wtedy, gdy jest mocno ogrzana. Stwierdził to po raz pierwszy genialny chemik francuski Lavoisier w 1775 r., ogrzewając rtęć w zamkniętem powietrzu w ciągu kilkunastu dni bez przerwy do temperatury wrzenia rtęci, t. j. ok. 360°C . Przez to doświadczenie Lavoisier wykazał to samo, co później z łatwością stwierdzono na żelazie i magnezie, t. j. że rtęć w powietrzu podobnie jak inne metale nieszlachetne przemienia się w rdzę. Ta rdza rtęci przedstawia czerwony proszek (pokaz). W myśl poprzednich rozważań rdza rtęci winna być również tlenkiem i mianowicie tlenkiem rtęci. Spróbujmy, czy nie uda się nam rozłożyć go i co z rozkładu tego otrzymamy.

Rozkład tlenku rtęci. — Do próbowki *R* z trudniej topliwego niż zwykle szkła przystosujemy, jak na Fig. 38, korek z odwodzącą rurką *r*. W wanience szklanej lub misce z wodą *W*, na ustawionej drucianej podstawie *m* znajduje się

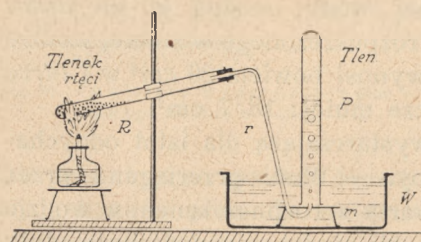


Fig. 38. Wywiązywanie tlenu w mniejszych ilościach.

dnem do góry obrócona próbówka odbiorcza *P*, wypełniona wodą. Całość stanowi zwykle urządzenie do wywiązywania i chwytania gazów nad cieczą, tak tamo jak na Fig. 36. Tlenek rtęci umieszczamy w próbówce *R*, którą ogrzewamy płomieniem lampki spirytusowej lub palnika gazowego. W próbówce tej znajduje się też początkowo powietrze. Przez ogrzewanie uchodzi ono bańkami przez wylot rurki odwodzącej pod wodę. (Dlaczego?) Wylot ten wtedy nie powinien znajdować się pod mostkiem i łączyć się z wnętrzem próbówki odbiorczej *P*. Gdy rozszerzone przez ogrzanie powietrze w próbówce reakcyjnej *R* ujdzie, a temperatura tlenu podniesie się jeszcze bardziej, z wylotu rurki wydobywać się zaczną bańki gazu coraz to żwawiej. Wtedy wylot rurki *r* podstawiamy pod próbówkę odbiorczą na mostku. Wydobywający się gaz zgromadza się w niej jako odbieralniku. Pozornie niczem nie różni się on od powietrza. Gdy ten odbieralnik wypełni się całkowicie gazem, ustawiamy na mostku wianienki drugi odbieralnik i dalej gaz zbieramy.

Zebrany w próbówce gaz skłócamy z wodą wapienną: woda się nie mąci (str. 38). Wprowadzamy doń tlejące łuczywo: łuczywo rozpala się żwawym płomieniem.

Otrzymany bezbarwny gaz nie jest więc bezwodnikiem węglowym. Podtrzymuje on natomiast palenie znacznie energiczniej, niż czyste niez użyte powietrze. Jest to właśnie czysty tlen. Tlen w powietrzu jest zmieszany z azotem. Stąd palenie się w powietrzu jest mniej żwawe. Przyjrzyjmy się następnie zawartości próbówki reakcyjnej *R*. Oprócz niezmiennionego czerwonego tlenu widzimy na jej ścianach srebrzysty nalot w postaci drobnych kropelek. Jest to rtęć czysta, która, wydzielając się początkowo jako para, skrapla się na zimniejszej części próbówki. — Stwierdziliśmy więc, że nastąpił rozkład:



Wniosek: *A więc rdza rtęci jest istotnie tlenkiem rtęci.*

Reakcje chemiczne a przemiany fizyczne. — Tlenek rtęci jest czerwonym proszkiem, a więc ciałem stałym, powstałe zeń: tlen — jest bezbarwnym gazem, rtęć — srebrzystą cieczą. Ani tlen, ani rtęć — w niczem nie przypominają sobą tlenu rtęci. — Tak samo nie widzimy zgoła żadnego podobieństwa pomiędzy: magnezem (srebrzysty metal) a tlenem (gaz) oraz tlenkiem magnezu (biały proszek). Z powierzchownego wyglądu czerwonego tlenu

rtęci lub białego proszku tlenku magnezu trudno przypuszczać nawet, by w ciałach tych tlen związany był z metalem. Stwierdziłszy jednak, że w rzeczywistości jest on tam właśnie ukryty.

Wniosek: Gdy pewien rodzaj lub rodzaje materji ulegają takiej przemianie, że wszystkie ich cechy zanikają, a jednocześnie powstają nowe odmienne od pierwotnych ciała — przemiany takie zwiemy reakcjami chemicznymi.

Reakcją chemiczną jest więc: rdzewienie metali, spalanie się świecy, łuczywa, nafty, oddychanie, rozkład tlenku rtęci i t. d. — Natomiast topnienie lodu, parowanie, wrzenie i odwrotne zjawiska: skraplanie się pary, krzepnięcie cieczy — nie są przemianami chemicznymi. Woda w stanie pary, cieczy, czy lodu (kryształu) pozostaje zawsze tą samą wodą, tym samym rodzajem (gatunkiem) materji. W tych więc przemianach zmienia się tylko stan skupienia tej samej materji, sam zaś rodzaj (gatunek) pozostaje bez zmiany. Są to przemiany fizyczne.

Reakcje syntezy i analizy. — Gdy żelazo rdzewieje w powietrzu, a magnez spala się, reakcjami chemicznymi są przemiany:



W reakcjach tych z 2 ciał powstaje jedno. — Gdy natomiast tlenek rtęci rozkładamy na tlen i rtęć, t. j. zachodzi reakcja:



to z jednego ciała powstają 2 nowe.

Wnioski: — 1) Reakcje, w których co najmniej 2 ciała składają się na wytworzenie jednego odrębnego od nich ciała — zwiemy reakcjami syntezy. — 2) Reakcje, w których z 1 ciała powstają co najmniej 2 nowe — zwiemy reakcjami analizy (rozkładu). — 3) Poznamy później jeszcze trzeci typ reakcji: reakcje wymiany (str. 74).

7. Ciała złożone a pierwiastki. — Rozkład tlenku rtęci przeprowadziliśmy zapomocą silnego ogrzewania. W podobny sposób a także wieloma innymi środkami można skutecznie rozkładać i licznych innych ciał, np. chloranu potasu (p. str. 45), nadmanganianu

potasu (p. str. 45) marmuru i t. d. (pokaż). I tlenek rtęci i chloran potasu i marmur i t. d. — są to ciała najzupełniej jednorodne. Każde z nich przedstawia odrębny, różny od innych gatunek (rodzaj) materji. Wszystkie je można jednak chemicznie rozłożyć i otrzymać z każdego z nich co najmniej dwa odmienne ciała, a często i więcej.

Wniosek: *Ciała, które ulegają chemicznemu rozkładowi, jak np. tlenek rtęci, są to ciała chemicznie złożone. Zwiemy je związkami lub połączeniami chemicznymi.*

Powstaje pytanie, czy są takie ciała, których nie można żadnymi środkami rozłożyć dalej, słowem ciała nierozkładalne? Okazuje się, że tak. Tu należą np. znane już nam gazy: tlen, azot, metale: rtęć, żelazo, magnez, miedź, cynk, sól, srebro, złoto i wiele innych jeszcze ciał np: węgiel czysty (nie węgiel kamienny!), siarka, fosfor i t. d. Ciał tych żadnymi środkami rozłożyć niepodobna. Są to więc ciała chemicznie proste. Zwiemy je pierwiastkami.

Wnioski: — 1) *Pierwiastek jest to taki rodzaj (gatunek) materji jednorodnej, który rozłożyć się nie daje.* — 2) *Z połączenia pierwiastków drogą syntezy powstają związki chemiczne.* — 3) *Granicą ostateczną rozkładu związków chemicznych czyli granicą analizy są pierwiastki.*

Przeważająca większość ciał, które stanowią nasze otoczenie, a więc ziemia, woda, skały, materja ciał organicznych, t. j. zwierzęcych i roślinnych, składa się z najróżnorodniejszych związków chemicznych, przeważnie wymieszanych z sobą. Stopniowo poznawać będziemy, jak z tych mieszanin przeróżnych ciał można wyosobnić odrębne związki, jak np. z wody morskiej można wydzielić sól kuchenną, z soku buraczanego — cukier, z ropy naftowej — parafinę i t. p. — Lecz sól kuchenna, cukier, parafina i t. d. — są to nie pierwiastki, lecz wyodrębnione związki chemiczne, albowiem, jak o tem przekonamy się później, można je chemicznie rozłożyć i dojść z kolei ostatecznie do poznania, z jakich pierwiastków chemicznych są te związki złożone.

Pierwiastki chemiczne w stanie wolnym występują w przyrodzie rzadko, i tylko nieliczne. Tu należą np. pierwiastki gazowe: tlen i azot, stanowiące jako mieszanina — powietrze, następnie pierwiastki metaliczne, a mianowicie: rtęć, srebro, złoto, platyna. — Przeważająca jednak większość pierwiastków nie występuje w przyrodzie w stanie wolnym, lecz w połączeniach, np. węgiel — we

wszystkich związkach organicznych, jak np. w skrobi, cukrze, parafinie, drzewniku i t. d., siarka — w połączeniach z metalami, jak w pirycie (pokaz pirytu).

Jednem z zadań chemji jest rozpoznanie chemicznego składu ciał. Zadanie to sprowadza się ostatecznie w każdym poszczególnym przypadku do oznaczenia pierwiastków, z których dany chemiczny związek się składa.

Wszystkich pierwiastków znanych jest obecnie ok. 90. Niektóre z nich są bardzo rzadkie, np. platyna, złoto. Pierwiastków, które w przeróżnych połączeniach i mieszaninach tych połączeń tworzą główny materiał skorupy ziemskiej: lądy, wody, atmosferę lub stanowią skład ciał organicznych — jest zaledwie kilkanaście. Należą tu: tlen, krzem, wodór, węgiel, azot, glin, sód, potas, wapń, fosfor, siarka i jeszcze kilka innych.

Pytania: — 1) Czy z wyglądu metali: magnezu, srebra, żelaza, sodu — można osądzić, że są to pierwiastki? — 2) Skąd wnosimy, że rdze metali — są związkami a nie pierwiastkami? — 3) Czy parowanie benzyny, alkoholu — jest reakcją chemiczną?

Następująca tablica zawiera spis najpospolitszych pierwiastków. W tablicy tej obok nazw polskich podane są nazwy łacińskie (w nawiasie) pierwiastków oraz znaki lub tak zwane symbole chemiczne, któremi w skróceniu przyjęto pierwiastki oznaczać. Są to zwykle początkowe litery łacińskiej nazwy pierwiastka.

Spis pospolitych pierwiastków:

Arsen	(<i>Arsenium</i>)	. . As	Nikiel	(<i>Niclum</i>) ⁴⁾	. . Ni
Azot	(<i>Nitrogenium</i>)	. N	Ołów	(<i>Plumbum</i>)	. . Pb
Bor	(<i>Borum</i>)	. . B	Platyna	(<i>Platinum</i>)	. . Pt
Brom	(<i>Bromum</i>)	. . Br	Potas	(<i>Kalium</i>)	. . K
Chlor	(<i>Chlorum</i>)	. . Cl	Rtęć	(<i>Hydrargyrum</i>)	. . Hg
Cyna	(<i>Stannum</i>)	. . Sn	Siarka	(<i>Sulphur</i>) ⁵⁾	. . S
Cynk	(<i>Zincum</i>) ¹⁾	. . Zn	Sód	(<i>Natrium</i>)	. . Na
Fosfor	(<i>Phosphorus</i>) ²⁾	. P	Srebro	(<i>Argentum</i>)	. . Ag
Glin	(<i>Aluminium</i>)	. . Al	Tlen	(<i>Oxygenium</i>)	. . O
Jod	(<i>Jodum</i>)	. . J	Wapń	(<i>Calcium</i>) ⁶⁾	. . Ca
Krzem	(<i>Silicium</i>)	. . Si	Węgiel	(<i>Carbo</i>) ⁷⁾	. . C
Magnez	(<i>Magnesium</i>)	. . Mg	Wodór	(<i>Hydrogenium</i>)	. . H
Mangan	(<i>Manganum</i>)	. . Mn	Złoto	(<i>Aurum</i>)	. . Au
Miedź	(<i>Cuprum</i>) ³⁾	. . Cu	Żelazo	(<i>Ferrum</i>)	. . Fe

¹⁾ Czyt. „cinkum“. ²⁾ Czyt. „fosforus“. ³⁾ Czyt. „kuprum“. ⁴⁾ Czyt. „niklum“. ⁵⁾ Czyt. „sulfur“. ⁶⁾ Czyt. „kalcjum“. ⁷⁾ Czyt. „karbo“.

8. Otrzymywanie i własności tlenu. — 1. Otrzymywanie tlenu.

1) Widzieliśmy, że przez rozkład tlenku rtęci powstaje tlen. Tlenek rtęci nie nadaje się jednak do otrzymywania tlenu na większą skalę, bo jest za drogi i zawartość w nim tlenu jest stosunkowo mała. Ze 100 g tlenku rtęci można otrzymać zaledwie 7.4 g tlenu, czyli na objętość ok. 5.2 litra. Nadto wymaga znacznego ogrzania: ok. 500°. Daleko łatwiej i taniej otrzymuje się tlen z innych związków tlenowych, a mianowicie z nadmanganianu potasu lub z chloranu potasu.

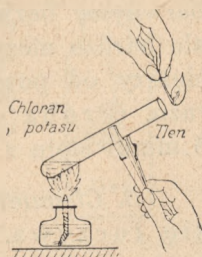


Fig. 39. Próba na tlen.

2) Nadmanganian potasu przedstawia ciemnofioletowe drobne kryształki. Rozpuszcza się w wodzie, tworząc pięknie zabarwiony na fioletowo roztwór (pokaz w próbówce). Rozkład nadmanganianu wymaga słabego ogrzania: ok. 100°. Sprawdzić to łatwo w próbówce, jak na Fig. 39, z małą ilością nadmanganianu. Po zupełnem wyczerpaniu się reakcji, t. j. odejściu tlenu, w próbówce pozostaje czarne ciało w postaci pyłku. Ciało to zalane wodą tworzy ciemnozielono zabarwiony roztwór (pokaz). Nie jest to więc nadmanganian potasu, lecz inny, obok tlenu, powstały zeń produkt rozkładu.

3) Chloran potasu (nie chlorek!), zwany inaczej solą Bertholletta, jest białym krystalicznym ciałem. Z wodą daje roztwór bezbarwny (pokaz). Rozkład czystego chloranu potasu wymaga temperatury wyższej, niż nadmanganian potasu, a mianowicie ok. 300°. W temperaturze tej chloran potasu jest już stopiony (pokaz w próbówce). Gdy jednak chloran potasu zmieszany z proszkowanym braunsztytem — jest to minerał, barwy ciemnobrunatnej — tlen wywiązuje znacznie poniżej temperatury, stopienia, ok. 100°. (Pokaz w próbówce, Fig. 39.)

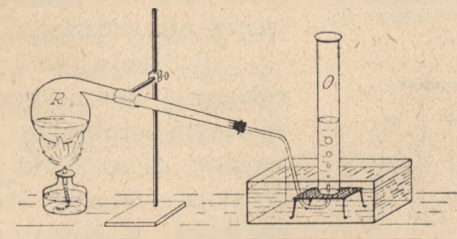


Fig. 40. Wywiązywanie tlenu w większych ilościach z retort.

Do otrzymania tlenu w większych ilościach odpowiedniej jest użyć zamiast próbówki naczynia zwanego retortą *R* jak na Fig. 40, a za odbieralniki *O* zamiast probówek, walce szklane lub słoje, jak

na Fig. 41—45. Do szeregu doświadczeń, które z tlenem wykonać mamy, należy zebrać go odrazu w ilości 5—6 słoików i przykryć płytkami szklanymi.

2. *Fizyczne własności tlenu.* — Czysty tlen jest gazem bezbarwnym, bezwonnym. Skłócony z wodą rozpuszcza się w niej, ale bardzo nieznacznie: 40 cm^3 w 1 litrze zimnej wody. Jest nieco cięższy od powietrza i dlatego z otwartego słoja nie uchodzi odrazu. (Próba z tlejącym łuczywem w otwartym przedtem przez 5 minut słoju z tlenem.)

3. *Chemiczne własności tlenu.* — 1) Zapalanie tlejącego się łuczywa. — Z wstępnych prób z tlenem (str. 41), wykonanych w próbkach wiemy, że tlejące zaledwie w powietrzu łuczywo, natychmiastowo wybucha płomieniem po wprowadzeniu go do czystego tlenu. Jest to charakterystyczna próba na tlen czysty.



Fig. 41. Węgiel drzewny *C* spalany w czystym tlenie iskrzy się.

2) Spalanie węgla. — Kawałek węgla drzewnego *C*, np. węgielka używanego do rysunków, przytwierdzamy do grubszego drutu żelaznego, jak na Fig. 41 umocowanego w korku, lub deszczułce do przykrycia naczynia z tlenem. Po rozżarzeniu węgla w płomieniu lampki wprowadzamy go do tlenu. Następuje gwałtowne spalanie się połączone z silnym iskrzeniem. Powstawania jakiegokolwiek proszku lub cieczy nie widzimy.

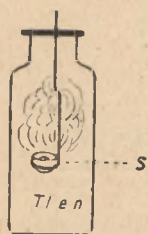


Fig. 42. Siarka *S* spala się w czystym tlenie niebieskim płomieniem.

3) Spalanie siarki. — Na małej miseczce porcelanowej lub pokrywce od tygielka, zawieszzonej na żelaznym grubszym drucie, jak poprzednio, umieszczamy nieco siarki *S*. Zapalamy ją i wprowadzamy do słoja z tlenem. Słaby niebieskawy płomyk palącej się siarki w powietrzu — przybiera w tlenie na sile i wielkości (Fig. 42). Żadnego bezpośrednio widocznego produktu spalania nie obserwujemy.

4) Spalanie fosforu. — Fosfor *P* jest ciałem, mającym wygląd i twardość podobny do białego wosku, suchy fosfor na powietrzu utlenia się niezmiernie szybko i może się zapalić samorzutnie. Dlatego przechowuje się go w zamkniętym słoju z wodą. — Mały kawałeczek fosforu, obtarty bibułą z wilgoci, umieszczamy na łyżce

porcelanowej i przeprowadzamy doświadczenia, podobnie jak ze siarką. Fosfor w tlenie spala się gwałtownie przy wytwarzaniu białych dymów.

5) Spalanie sodu. — Umieszczony na pokrywce porcelanowej od tygielka kawałeczek świeżo odciętego sodu Na (Fig. 43) rozgrzewamy na palniku. Sód topi się i wnet rdzewieje. Po mocniejszym ogrzaniu wprowadzamy go szybko do słoja z tlenem. Sód zapala się i wydaje silne żółte światło. Ze spalania się sodu powstaje biały proszek.

6) Spalanie magnezu. — Zwinięta spiralnie wstążka magnezu (Fig. 44) po zapaleniu w powietrzu, wprowadzona do czystego tlenu — spala się w nim gwałtownie, wydając rażące białe światło. Z magnezu Mg — powstaje biały proszek.

7) Spalanie żelaza. — Odhartowaną starą sprężynę zegarkową lub drut żelazny zwinięty spiralnie opatrujemy na jej końcu, jak na Fig. 45, kawałkiem suchej hubki. Zapalona hubka rozgrzewa koniec żelaznej sprężyny. W tym stanie wprowadzamy ją do tlenu. Rozgrzany koniec sprężyny почина skrzyć się, sprężyna spala się coraz dalej, sypiąc wkoło iskry. Po spalaniu żelaza Fe wewnątrz flaszki pokryte jest brunatnym proszkiem.

Wnioski: — 1) *Przebieg spalania się ciał w czystym tlenie jest znacznie szybszy, gwałtowniejszy, niż w powietrzu.* — 2) *Czysty tlen wyróżnia się od powietrza zdolnością zapalania tlejącego luczywa.*

4. *Produkty spalania ciał w tlenie.* — W słojach po spalaniu sodu Na , magnezu Mg — powstały białe proszki. Spalanie żelaza Fe dało brunatny proszek. Czem są te ciała? Oczywiście, że muszą to być produkty połączenia się tych pierwiastków z tlenem, a więc: tlenki sodu, magnezu, żelaza. Znamy już je z doświadczeń nad rdzewieniem i spalaniem tych ciał w powietrzu. — Przebieg tych reakcji możemy zanotować słowami, albo w skróceniu oddać



Fig. 43. Sód Na w pierw ogrzany po wprowadzeniu do czystego tlenu spala się jaskrawo żółtym płomieniem.

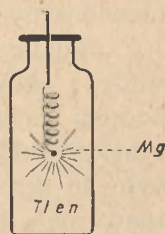


Fig. 44. Magnez Mg spalany w czystym tlenie, wydaje światło rażąco białe.

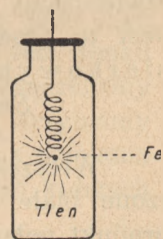
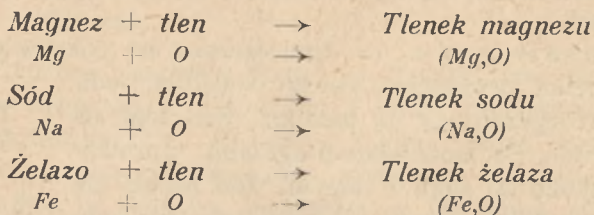


Fig. 45. Żelazo Fe , w postaci spiralnego drutu w pierw rozgrzane silnie, spala się w czystym tlenie, topiąc się i iskrząc.

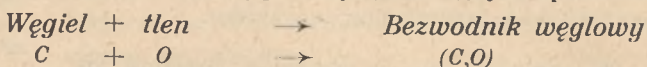
początkowemi literami łacińskich nazw pierwiastków (p. str. 44), czyli t. zw. znakami, albo symbolami chemicznymi. A więc:



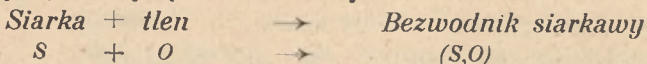
Ten sposób zapisywania przemian chemicznych jest niczem innem jak skróceniem słów łacińskich, a więc np. (*Mg,O*) wyrażać ma jedynie jakościowy skład związku: tlenu *O* z magnezem *Mg*, czyli objaśnia, z jakich pierwiastków dany związek się składa¹⁾.

W słojach po spaleniu w tlenie węgla *C* i siarki *S* nie powstały żadne proszki. Nie jest to jednak dowód, że ze spalenia się węgla lub siarki nie wytworzył się żaden produkt, bo mógł tu powstać niewidoczny dla wzroku gaz.

Nalejmy do słoja, gdzie spalony był węgiel *C*, trochę czystej wody i skłóćmy silnie. Wodę tę odlejmy do osobnego zbadania, poczem znów do tegoż słoja dolejmy wody wapiennej (p. str. 36) i znów zakłóćmy: woda wapienna wytworzy osad biały. A więc jak było do przewidzenia wytworzył się ze spalenia węgla *C* w tlenie *O* znany nam bezwodnik węglowy (str. 38), jako produkt reakcji:



Zbadajmy następnie zawartość słoików po spaleniu siarki *S* i fosforu *P*. — W słoju po spaleniu siarki już samem powonieniem stwierdzamy zawartość jakiegoś cuchnącego gazu o duszącej woni. Jest to produkt spalenia siarki: gaz zwany — bezwodnikiem siarkawym, a więc produkt reakcji:



Wreszcie w słoju po spaleniu fosforu obserwujemy, że wytworzone białe dymy powoli osiadają na jego ścianach. — Jest to produkt połączenia fosforu z tlenem, czyli tlenek fosforu:



¹⁾ Obszerniejsze wyjaśnienie dotyczące symboli i wzorów chemicznych, znajduje się w końcowym ustępie niniejszego rozdziału (p. str. 51—53).

Wnioski: — 1) *Produktami spalania pierwiastków w tlenie są połączenia ich z tlenem, a więc wogóle tlenki.* — 2) *Są to te same produkty, które powstają przy powolnem rdzewieniu lub spalaniu się tych ciał w powietrzu (str. 31—35).* — 3) *Reakcje rdzewienia i palenia się ciał w powietrzu lub tlenie są to więc reakcje utleniania.* — 4) *Odróżniamy: — utlenianie powolne, występujące przy rdzewieniu, oddychaniu, oraz — utlenianie szybkie, czyli palenie się, z objawami silnego wydzielania ciepła i światła.*

Pytania: — 1) Dlaczego produkty spalania węgla i siarki są niewidoczne? — 2) Po czem poznajemy je? — 3) Czy bezwodnik węglowy lub siarkawy mogą podtrzymywać palenie się w nich świecy? — 4) Czy spalenie 10 g siarki zużyje tyleż tlenu, co spalenie np. 20 lub 50 g? — 5) Czy bezwodnik węglowy waży więcej niż spalony nań węgiel, lub zużyty do tego tlen? — 6) Co się dzieje z bezwodnikiem węglowym, wytwarzanym przy spalaniu się w powietrzu: drzewa, świecy, nafty, lub przy oddychaniu?

9. Kwasy i zasady. — 1. *Tlenki a wodorotlenki.* — Doświadczenia z działaniem wody na otrzymane poprzednio tlenki. — 1) Wlejmy do każdego ze słoików, w których spalone były: węgiel C, siarka S, fosfor P, sól Na, magnez Mg i żelazo Fe, nieco wody i skłóćmy silnie ich zawartość. — W słoikach tych były tlenki wyszczególnionych pierwiastków. Zachodzi pytanie, co się z tlenkami temi stało pod działaniem wody? — W słoikach, gdzie były gazowe bezwodniki węgla i siarki, woda pozostała klarowna. — W słoikach z tlenkiem fosforu i sodu znikły całkowicie białe proszki i woda również pozostała klarowna. — W słoiku z tlenkiem magnezu powstała woda z białym osadem, a w słoiku z tlenkiem żelaza rdzawy jego osad zmyty został wodą. Wodę z nad tlenku magnezu i z nad tlenku żelaza odsączmy podobnie, jak poprzednio (str. 36) odsączaliśmy wodę wapienną od nadmiaru osadu. — W ten sposób otrzymamy klarowne wody, przypuszczalnie roztwory, powstałe z działania czystej wody na powyższe tlenki. Umieśćmy je w małych kubkach lub kieliszkach.

2) A teraz wykonajmy próbne doświadczenie z barwikiem, zwanym lakmusem. Jest to niebieski barwik, otrzymywany z pewnej rośliny, podobnie jak np. barwik z czerwonej kapusty albo sok z buraków. — Barwikiem tym można napoić bibułę. Skrawki bibuły napojonej lakmusem zwą się „papierkami lakmuso-

wemi⁴. Spróbujmy do wody zabarwionej lakmusem wlać parę kropel octu. Wiemy, że ocet ma smak kwaśny, jest więc kwasem. — Pod wpływem tych kilku kropel octu woda zabarwiona lakmusem na niebiesko odrazu zmieni barwę na różową. To samo stanie się z niebieskim papierkiem lakmusowym, a nadto nietylko pod wpływem octu, lecz i innych kwasów, np. kwaśnego soku z cytryny, a więc kwasu cytrynowego. Zapomocą lakmusa z łatwością przeto przekonać się możemy, czy ciecz dana jest kwaśna.

Wniosek: *Kwasy zmieniają niebieską barwę lakmusa na czerwoną.*

3) Próba z lakmusem zbadajmy powyższe wody, zawierające przypuszczalne produkty działania wody na wymienione tlenki. Cóż się okaże? Niebieski papierek lakmusowy różowieje w wodzie, którą zadaliśmy produkty spalania: węgla, siarki i fosforu, a pozostaje niezmieniony w wodach pozostałych.

4) Gdy następnie różowy papierek lakmusowy zanurzymy do wody, przypuszczalnie zawierającej produkty działania wody na tlenki sodu (Na_2O) i magnezu (MgO), papierek ten zpowrotem niebieszczeje. — Zwilżmy wreszcie papierki lakmusowe wodą, którą zalaliśmy tlenek żelaza (FeO). Zarówno niebieski jak i różowy papierek nie zmieniają swej barwy, tak samo jak w czystej wodzie.

Wnioski: — 1) *Istnieją więc ciała, które w roztworach — w przeciwieństwie do kwasów — zmieniają czerwoną barwę lakmusa na niebieską. Zwą się one zasadami.* — 2) *Ciecze, które nie zmieniają barw lakmusa zarówno niebieskiego, jak i różowego, stanowią trzecią kategorię ciał. Zwiemy je ciałami obojętnymi.* — 3) *Czysta woda nie oddziaływa na lakmus, jest więc cieczą obojętną.*

2. *Kwasy i zasady.* — Na podstawie powyższych prób z oddziaływaniem wody na różne tlenki, stwierdzamy przeto, że: jedne z tych tlenków, mianowicie: tlenki węgla, siarki i fosforu — wytwarzają z wodą produkty kwaśne, inne zaś, jako to: tlenki sodu i magnezu — dają ciecze zasadowe.

Wszystkie te produkty, wytworzone w powyższych doświadczeniach, znajdują się w nadmiarze dodanej wody, a więc w roztworach podobnie jak wapno gaszone w wodzie wapiennej (p. str. 37). Spróbujmy je odparować w miseczkach na łaźni piaskowej (p. str. 37, Fig. 34). — Po odparowaniu roztworów zasadowych, znajdziemy

na miseczkach drobne ilości osadów białych. Są to tak zw. wodorotlenki, w szczególności: wodorotlenek sodu i wodorotlenek magnezu. — Woda, obojętnie oddziaływująca na lakmus, zebrana z nad tlenku żelaza, nie pozostawia żadnego osadu. Tlenek żelaza nie wytworzył więc z wodą odpowiedniego wodorotlenku. — Po odparowaniu kwaśnych roztworów znajdujemy pozostałość tylko w przypadku z fosforem. Jest to kwas fosforowy. W przypadku zaś siarki i węgla na miseczkach nic nie pozostaje, stać mogło się jednak, że kwasy tu powstałe ulotniły się (odparowały) wraz z wodą.

Wnioski: — 1) *Produktami działania wody na tlenki — są ciała zwane wodorotlenkami.* — 2) *Wodorotlenki, oddziaływujące kwaśno, — są to kwasy.* — 3) *Wodorotlenki, oddziaływujące zasadowo, — są to zasady.*

Tlenki fosforu, węgla i siarki — wytworzyły z wodą odpowiednie kwasy: fosforowy, węglowy i siarkawy. Z tlenków zaś sodu i magnezu z wodą powstały zasady: wodorotlenek sodowy i wodorotlenek magnezowy. A więc:

- 1) *Bezwodnik węglowy + woda → kwas węglowy*
- 2) *Bezwodnik siarkawy + woda → kwas siarkawy*
- 3) *Tlenek fosforu + woda → kwas fosforowy*
- 4) *Tlenek sodu + woda → zasada: wodorotlenek sodu*
- 5) *Tlenek magnezu + woda → zasada: wodorotl. magnezu*
- 6) *Tlenek żelaza + woda → nie reaguje.*

3. *Metale i metaloidy.* — Rozróżniamy przeto pierwiastki, których tlenki z wodą wytwarzają kwasy, są to metaloidy, oraz pierwiastki, których tlenki z wodą dają zasady: są to metale.

Do metali należą: sód *Na*, potas *K*, magnez *Mg*, wapń *Ca*, cynk *Zn*, miedź *Cu*, rtęć *Hg* i t. d. Mają one swoisty metaliczny połysk i wiele innych cech fizycznych, których nie posiadają metaloidy.

Do metaloidów należą: wodór *H*, węgiel *C*, azot *N*, tlen *O*, siarka *S*, fosfor *P*, krzem *Si*, chlor *Cl*, jod *J* i wiele innych.

10. *Symbole i wzory chemiczne.* ¹⁾ — 1. *Znakowanie jakościowe.* — Sposób skróconego zapisywania składu związków chemicznych początkowemi literami łacińskich nazw pierwiastków (p. w. str. 44), czyli symbolami chemicznemi, objaśnia jedynie, ile i jakich pierwiastków w skład danego związku wchodzi. — A więc, pisząc np.

¹⁾ Ustęp ten jest przeznaczony głównie dla nauczającego.

(C, O), odczytujemy, że jest to połączenie tylko 2 pierwiastków, mianowicie węgla C i tlenu O , zaś w skróceniu np. (C, H, O) mamy zanotowane połączenie 3 pierwiastków: węgla C , wodoru H i tlenu O . — Nawiasy, obejmujące symbole pierwiastków, tworzących dany związek, dodajemy dla zaznaczenia, że mamy tu do czynienia nie z wolnymi pierwiastkami, lecz z ich chemicznym połączeniem ze sobą.

Ten przejrzysty sposób zapisywania związków chemicznych ułatwia wzrokowe zapamiętywanie ich składu, oswaja nadto uczącego się z użyciem swoistych symboli, niezbędnych zresztą w nauczaniu jakiegokolwiek przyrodniczego przedmiotu. — Sposobem tym będziemy się więc posługiwali częściowo w dalszym ciągu wykładu, zawsze jednak pomocniczo, obok wyrażania się słownego pełnymi nazwami.

By jednak użycie tych skrótów nie było wadliwie zrozumiane, w szczególności przez nauczającego w szkole, należy mieć na uwadze następujące dodatkowe wyjaśnienie.

2. *Wzory chemiczne.* — Powyżej przedstawione skróty, oparte na jakościowych symbolach pierwiastków, nie są pospolicie używane. Natomiast w powszechnym użyciu są t. zw. wzory chemiczne. Wzory chemiczne spełniają zadanie daleko obszerniejsze. Oddają one bowiem nie tylko jakościowo, lecz i ilościowo skład danego związku. — Tak np. tlenek sodu wyrażamy jakościowo symbolicznie skrótem: (Na, O), natomiast jakościowo i ilościowo skład tegoż oddajemy właściwym wzorem chemicznym: Na_2O . — Podobnie z związki tlenu z żelazem, jakościowo wyrażone ogólnym skrótem: (Fe, O), odpowiadają aż 3 ilościowym wzorom chemicznym: Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO , bo są 3 różne tlenki żelaza, jakościowo o tym samym, lecz ilościowo o różnym składzie. — By należycie zrozumieć istotną treść tych wzorów chemicznych, oraz uzasadnić, dlaczego oddają one nie tylko jakościowo lecz i ilościowo skład danego związku chemicznego, należy mieć zasadnicze wyobrażenie o podstawach teorii atomistyczno-drobinowej. W początkowym nauczaniu chemii, bez znajomości odpowiednich działów fizyki, jest to jednak niemożliwe do osiągnięcia. Tu możemy więc jedynie tylko dać w krótkości następujące ogólne wyjaśnienie.

Materia, bez względu na jej rodzaj i stan skupienia, a więc zarówno w stanie stałym, ciekłym i gazowym, nie jest w swej budowie wewnętrznej (bezpośrednio niewidzialnej) — materiałem ciągłym. Przeciwnie składa się z odrębnych niezmiernie drobnych cząstek, które bezpośrednio widzialne być nie mogą. Dotyczy to zarówno ciał chemicznie złożonych, jak i prostych gatunków materji, czyli pierwiastków. Te najdrobniejsze cząstki materji prostej, czyli cząstki pierwiastków — nie są już dalej podzielne. Zwiemy je *atomami*. — Oczywiście, że różnych atomów może być tylko tyle, ile jest pierwiastków, a więc tylko ok. 90 (p. str. 44). Pierwiastki różnią się od siebie między innymi cechami tem, że ciężary ich atomów są różne. Najlżejszym pierwiastkiem jest wodór H , to też i atom wodoru musi być najlżejszy z atomów. Wszystkie inne atomy muszą być i są od atomu wodorowego cięższe

i każdy w innym stopniu. — Na zasadzie pewnych założeń teoretycznych i odpowiednich pomiarów można oznaczyć dokładnie te względne ciężary atomowe dla każdego pierwiastka. I tak w porównaniu do atomu wodoru $H = 1$, mają np. ciężary atomowe:

Azot	$N = 14$	Fosfor	$P = 31$	Wapń	$Ca = 40$
Tlen	$O = 16$	Magnez	$Mg = 24.3$	Żelazo	$Fe = 56$
Sód	$Na = 23$	Siarka	$S = 32$	Rtęć	$Hg = 200$

Z atomów przez połączenie tworzą się *drobiny*. — W skład drobin ciał złożonych muszą wchodzić co najmniej 2 różne atomy, ale może też ich być i więcej. Np. w drobinie tlenku wapnia mamy po 1 atomie wapnia Ca i tlenu O , a w drobinie tlenku sodu: 2 atomy sodu Na i 1 atom O . — Drobin pierwiastków mogą być złożone tylko z jednakich atomów, np. drobiny wodoru z 2 atomów wodoru.

Jeśli przyjmiemy: — 1) że symbole chemiczne, np. H , O i t. d., mają nie tylko znaczenie jakościowe, ale że również są odpowiednikami określonych ciężarów atomowych, a więc np: $H = 1$, $O = 16$, $S = 32$ i t. d.; — 2) że ilości atomów każdego pierwiastka, wchodzącego w skład drobin danego związku, oznaczać będziemy wskaźnikiem przy symbolu tego pierwiastka, natenczas, pisząc np:

CaO — tlenek wapnia, albo Na_2O — tlenek sodu, podajemy w tych wzorach zarówno: jakość jak i ilość atomów, wchodzących w skład drobin tych ciał. Np. w tlenku sodu o wzorze drobinowym: Na_2O , mamy 2 atomy Na , t. j. $= 23 \times 2 = 46$ jednostek ciężarowych, i 1 atom $O = 16$ tychże jednostek. Stąd: stosunek ciężarów obu składników (Na): (O) $= 46 : 16$, a całkowity ciężar drobin: $46 + 16 = 62$. — Mając przeto wzór drobinowy danego związku chemicznego, od razu odczytujemy zeń, z jakich pierwiastków i w jakim stosunku ciężarowym pierwiastki te związek dany tworzą.

Wnioski: — 1) *Wzory chemiczne*, — wyrażone za pomocą symboli, oznaczających nie tylko rodzaj, lecz i ciężar atomowy pierwiastków, które dany związek tworzą — są wzorami drobinowymi. — 2) *Wzory drobinowe* określają jakościowo i ilościowo skład związku chemicznego.

Natomiast powyżej objaśnione skróty jakościowe, których w niniejszym podręczniku częściowo używać będziemy, nie są chemicznymi wzorami (zupełnemi), lecz tylko znakowaniem, mającem na celu treściwie zapisanie wyłącznie jakościowego składu ciał, co w tym stopniu nauczania jest zupełnie wystarczające.



ROZDZIAŁ IV.

O WODZIE, JEJ ODDZIAŁYWANIU I SKŁADZIE.

1. Woda jako rozpuszczalnik.

1. Roztwory. — Już poprzednio (str. 36), przygotowując wodę wapienną z wapna i wody, przekonaliśmy się, że przesączona przez bibułę, zupełnie klarowna, pozornie najczystsza woda, po odparowaniu pozostawia po sobie niewielką ilość białego proszku. Jest to, jak wiemy, wapno gaszone. Podobnie w wodzie, otrzymanej przez zadanie tlenu sodu wodą, stwierdziliśmy (str. 51) po odparowaniu na miseczce osad, który jest wodorotlenkiem sodu.

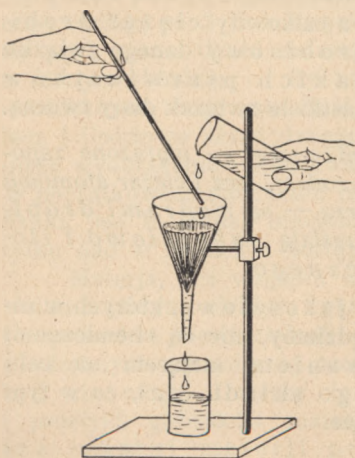


Fig. 46. Odsączanie roztworów (np. gipsu) od osadów (np. zawiesziny gipsu).

Doświadczenia. — Spróbujmy skłócić z przygotowaną wodą sproszkowany gips, sól kuchenną, siarczan miedzi, każde z tych ciał w odrębnych zlewkach lub kolbkach, biorąc np. 3 g każdego na 50 cm^3 wody. — 1) Gips, skłócony z tą ilością wody, wytworzy mleczną ciecz, podobnie jak wapno gaszone. Ciecz ta pozostawiona w spokoju wytwarza zpowrotem osad gipsu. Wodę z nad tego osadu gipsu przesączmy przez sączone bibuły do kubka, lub do małej parowniczk (Fig. 46). — 2) Sól kuchenna całkowicie zniknie w dodanej doń wodzie. — 3) Tak samo siarczan miedzi, z tą tylko róż-

nicą, że wytworzy się tym razem niebieska klarowna ciecz.

Zlejmy te ciecze również do parowniczek i poddajmy wszystkie odparowaniu na łaźni (str. 37, Fig. 34). Po odparowaniu znajdziemy:

1) w miseczce po gipsie — drobną ilość osadu, 2) w miseczkach po soli kuchennej i siarczanie miedzi — obfite osady tych ciał.

Wnioski: — 1) Zarówno wapno gaszone, jak i wodorotlenek sodowy, gips, sól kuchenna, siarczan miedzi, przed odparowaniem znajdować się musiały w wodzie, lecz w stanie niewidocznym, gdyż ciecz te były przesączone i zupełnie klarowne. Stan ten zwiemy *stanem rozpuszczenia*, albo *roztworu*.

2) *Roztwór składa się przeto zawsze co najmniej z 2 składników: a) z ciała rozpuszczającego, czyli rozpuszczalnika, b) z ciała rozpuszczonego.* — Rozpuszczalnikiem w powyższych przykładach jest woda, ciałami rozpuszczonymi: wapno gaszone, gips, siarczan miedzi i t. d.

2. Przygotowanie roztworów. — Jak z powyższych doświadczeń widoczna, roztwór wytwarza się samorzutnie przez zetknięcie rozczynnika (np. wody) z ciałem rozpuszczającym się (np. solą kuchenną). Sprawdzić to łatwo np. na kawałku cukru, który wrzucony do szklanki z wodą i pozostawiony w zupełnym spokoju mimo to rozpuści się w wodzie całkowicie. — Ten samorzutny proces rozpuszczania przyspiesza się znacznie: — 1) przez sproszkowanie ciała rozpuszczającego się, albowiem przez rozdrobienie zwiększa się niezmiernie powierzchnia zetknięcia z cieczą, — 2) przez mieszanie wytwarzającego się roztworu, — 3) przez ogrzewanie. — Proces rozpuszczania się ciał w cieczach ma więc wielkie podobieństwo do parowania samej cieczy w powietrzu, t. j. do przechodzenia ze stanu ciekłego w stan niewidzialnej pary i rozpuszczania się tej pary w powietrzu.

3. Sączenie. — Gdy powstały roztwór chcemy oddzielić od części nierozpuszczonej, musimy go przesączyć, to znaczy zatrzymać najdrobniejsze nawet cząstki ciała stałego na materjale, przez który z łatwością przenika ciecz, a nie przenika choćby najdrobniejsza zawiesina. — Do tego celu w praktyce używa się różnych środków, np. warstwy drobnego piasku lub ziarnistego węgla drzewnego (Fig. 47), — gdy chodzi o filtrowanie większych ilości cieczy, np. wody do picia, — a także różnych sztucznie wytworzonych porowatych ma-



Fig. 47. Filtrowanie wody do picia przez warstwę węgla drzewnego.

terjałów, np. niepolewanej i mało wypalanej porcelany, waty, bibuły i t. p. — Do celów laboratoryjnych używa się przeważnie bibuły.

Sączenie przez sączki z bibuły wymaga umiejętnego postępowania. Sączki mogą być gładkie i fałdowane. — Sączek gładki tworzy się z krążka bibuły przez dwukrotne załamanie wzdłuż 2 prostopadłych do siebie średnic $I-II$ i $III-III$ (Fig. 48).

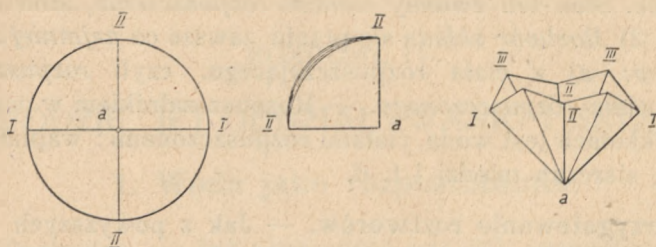


Fig. 48. Sączek z bibuły. — Składanie krążka bibuły na sączek płaski lub fałdowany.

Przez częściowe rozchylenie tworzy się wtedy stożek otwarty, dokładnie wierzchołkiem a wchodzący do lejka. W stożku tym połowa sączącej powierzchni składa się z potrójnej ściany, a połowa z pojedynczej. — Sączek fałdowany powstanie, gdy krążek bibuły załamiemy nie 2, lecz więcej razy. W sączku fałdowanym cała powierzchnia bibuły w swej pojedynczej grubości bierze udział w sączeniu. Stąd sączek fałdowany filtruje szybciej. Brzeg sączka nigdy nie powinien wystawać ponad brzeg lejka. Dla uniknięcia ściekania cieczy poza wnętrze lejka, zlewać ją należy po przeciku, jak na Fig. 46. Nie należy sączyć cieczy wymieszanej z osadem, gdyż osad zbiera się wtedy w większej ilości w sączku i zatyka pory bibuły, co znacznie przedłuża sączenie. — Klarowną ciecz, która przechodzi przez sączek i wycieka z szyjki lejka, zwiemy przesączem. Gdy chodzi o osad a nie o przesącz, używamy sączka gładkiego, z którego łatwiej jest potem osad ten zebrać.

4. Roztwory nasycone i nienasycone. — 1) Gdy z gipsu zmieszanego z wodą po odstaniu wytworzy się klarowny roztwór wody gipsowej, roztwór ten po odparowaniu da nieznaczną tylko ilość gipsu w nim rozpuszczonego. Biorąc do odparowania 100 g tego roztworu, znajdujemy po odparowaniu tylko 0.22 g gipsu. — Powtórne zbełtanie osadu gipsu z roztworem, znajdującym się nad nim w kubku, dodanie większej ilości świeżego gipsu lub dolanie

większej ilości wody — zawartości gipsu w roztworze w niczem nie zmieni: zawsze 100 g roztworu tego będą zawierały w sobie 0·22 g suchego gipsu. — To samo sprawdzamy też i na wodzie wapiennej. Jeśli roztwór wapna gaszonego zebrany został z nadmiaru osadu ciała tego, — zawiera on zawsze w 100 g roztworu tego 0·17 g suchego wapna gaszonego.

2) Inaczej rzecz się ma z roztworem, który powstał w ten sposób, iż pewna ilość ciała stałego — np. soli kuchennej lub siarczanu miedzi — po zadaniu wodą rozpuściła się całkowicie w dodanej ilości wody, jak to było w powyższych doświadczeniach (str. 54). Widzieliśmy, że np. 6 g soli kuchennej całkowicie rozpuszczają się w 100 g wody, nie pozostawiając na dnie kubka żadnej reszty soli. Dodajmy do powyższego roztworu dalszą porcję soli, np. jeszcze 5 gramów. Te nowe 5 gramów rozpuszczą się całkowicie w poprzednim roztworze. Nowy roztwór zawierać więc będzie: $6+5=11$ g soli w 100 g wody. Postępując w ten sposób, t. j. dodając coraz to dalsze porcje soli, przekonać się można, że ta sama ilość wody, t. j. 100 g rozpuścić w sobie potrafi aż 35 g soli kuchennej! Wtedy dopiero dodanie jakiegokolwiek dalszej porcji soli nic już nie zdziała: otrzymany końcowo roztwór nie może już rozpuszczać w sobie tej soli. Jest to właśnie roztwór nasycony. Wszystkie zaś poprzednie roztwory — były roztworami nienasyconymi. Zawartość tych nienasyconych roztworów kolejno wzrastała. Były to wszystko roztwory nienasycone o wzrastającym wciąż stężeniu.

Wnioski: — 1) *Pod stężeniem roztworu rozumiemy więc ilość gramów ciała, rozpuszczonego w 100 g rozczynnika, albo w 100 cm³ roztworu.* — 2) *Najwyższe stężenie, które ciało rozpuszczające się osiągnąć może, czyli jego stężenie graniczne nazywamy rozpuszczalnością tego ciała.* — 3) *Roztwór nasycony jest to roztwór o najwyższym stężeniu.*

Pytania: — 1) Czy nienasyconych roztworów soli kuchennej lub siarczanu miedzi w wodzie może być wiele? — 2) Ile może być nasyconych roztworów soli kuchennej w wodzie? — 3) Czy woda gipsowa, woda wapienna, otrzymana przez skłócenie nadmiaru tych ciał, są roztworami nasyconymi? — 4) Jak trzeba postąpić, by odrazu przygotować nasycony roztwór słonej wody? — 5) Jaka jest rozpuszczalność soli kuchennej w wodzie? — 6) Jakiego stężenia jest roztwór siarczanu miedzi, zawierający np. 3 g tego ciała w 45 g wody?

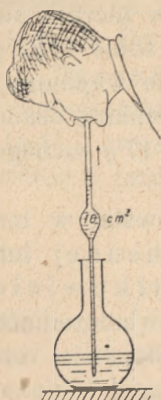


Fig. 49. Odsąc-
czanie roztwo-
rów (np. gipsu) od
osadów (np. za-
wiesiny gipsu).

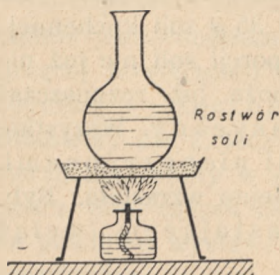


Fig. 50. Ogrzewanie roztwo-
rów na łaźni piaskowej zapobiega
pęknięciu kolby.

5. Rozpuszczalność a temperatura. — 1) Przygotujemy nasycony roztwór siarczanu miedzi w wodzie o zwykłej temperaturze pokojowej, np. w $20^{\circ} C$. W tym celu sproszkujemy w moździerzu ok. 60 g tego ciała i zadajemy je w kolbce wodą, w ilości 100 cm^3 . Po usilnem i wielokrotnem wyklóceniu w ciągu 10—15 minut, przekonamy się, że znaczna część siarczanu pozostała nierozpuszczona. — Z klarownego roztworu z nad osadu wyciągnijmy pipetą 10 cm^3 tego roztworu (Fig. 49) i wlejmy je do odparowania na odparowaną wpierw parowniczkę. Po odparowaniu do suchości i odważeniu znajdziemy ciężar osadu z 10 cm^3 nasyconego roztworu, a stąd obliczymy ciężar osadu ze 100 cm^3 , co wyniesie $26 \cdot 2\text{ g}$. Będzie to rozpuszczalność siarczanu miedzi w 20° , liczona tu na 100 cm^3 roztworu a nie na 100 cm^3 rozczynnika.

2) Ogrzejmy następnie na łaźni piaskowej (Fig. 50) kolbę, zawierającą ten nasycony roztwór i nadmiar (osad) nierozpuszczonego uprzednio siarczanu miedzi np. do temp. $100^{\circ} C$. Po wielokrotnem i silnem zakłóceniu zawartości kolby w tej temperaturze przekonamy się, że znajdujący się wpierw w kolbie nadmiar siarczanu — zniknie w cieczy. Znaczy to, że nadmiar ten rozpuścił się, czyli że ta sama (a nawet o 10 cm^3 mniejsza) objętość cieczy rozpuściła obecnie w sobie znacznie wię-

cej siarczanu, niż w temperaturze $20^{\circ} C$, a powstały obecnie roztwór jest mimo to jeszcze nienasycony (skąd to wnosimy?). — Rozpuszczalność siarczanu miedzi wzrosła więc znacznie z wzrostem temperatury.

3) Ochłodźmy wreszcie wytworzony w ogrzanej kolbie roztwór nienasycony (bez osadu), zestawiając kolbę z łaźni. Po pewnym czasie zauważymy wytwarzanie się na ścianach kolby wewnątrz roztworu drobnutkich kryształków siarczanu. W miarę oziębiania się roztworu ilość krystalizującego się siarczanu wciąż wzrasta. Dowodzi to, że w niższej temperaturze ilość rozpuszczonego (do nasycenia) siarczanu miedzi maleje. — Po powrocie do

temperatury 20° C, przy której najpierw wytworzyliśmy nasycony roztwór, będziemy mieli: — a) cały nadmiar siarczanu pierwotnie zalegający dno kolby wykrystalizowany zpowrotem, b) obok tego — roztwór nasycony, ten sam z któregośmy wyszli.

Wnioski: — 1) *Rozpuszczalność siarczanu miedzi (a także wielu innych ciał stałych) wzrasta z wzrostem temperatury.* — 2) *Nadmiar ciała, rozpuszczonego w temp. wyższej, przy ochładzaniu roztworu wypada w postaci kryształów (kryształizuje).* — 3) *W roztworze oziębionym pozostać może tylko tyle rozpuszczonego ciała, ile wynosi jego rozpuszczalność w tej temperaturze.*

Następująca tablica zawiera liczby, wykazujące rozpuszczalności kilku pospolitszych ciał w temperaturach: 0°, 20° i 100°, obrachowane na 100 g rozczynnika (nie roztworu).

W 100 g wody rozpuszcza się do nasycenia gramów:	temp. = 0°	20°	100°
Gipsu	0·24 g	0·26 g	0·22 g
Wapna gaszonego	0·17 g	0·16 g	0·09 g
Sody	6·97 g	21·7 g	45·0 g
Soli kuchennej	35·5 g	36·0 g	39·6 g
Siarczanu miedzi	25·2 g	35·5 g	196·0 g
Saletry sodowej	73·0 g	87·5 g	180·0 g
Cukru	179·0 g	204·0 g	487·0 g

Wnioski: — 1) *Istnieją ogromne różnice w rozpuszczalności ciał stałych w wodzie, np. gips a saletra lub sól kuchenna.* — 2) *Istnieją więc ciała: a) mało rozpuszczalne, np. gips, b) znacznie rozpuszczalne, np. sól kuchenna, c) obficie rozpuszczalne, np. cukier.* — 3) *Rozpuszczalność większości ciał wzrasta z temperaturą, np. saletry.* — 4) *Natomiast rozpuszczalność soli kuchennej zmienia się z temperaturą tylko nieznacznie.*

Zachodzi pytanie, czy istnieją ciała stałe nierozpuszczalne w wodzie? Odpowiedź na to dać nam może zwykła obserwacja, gdyż wiele przedmiotów codziennego użytku jest w styczności z wodą, np. naczynia kuchenne, narzędzia metalowe i t. d. — Do ciał stałych nierozpuszczalnych w wodzie należą więc: szkło, porcelana, różne metale, siarka, węgiel, różne ciała organiczne, np. wosk, parafina, stearyna, drzewo i t. d.

6. Krystalizacja z roztworów. — 1) Jak widzieliśmy na doświadczeniu z siarczanem miedzi (str. 58, dośw. 2.) roztwór tego ciała, przygotowany w temperaturze wyższej (np. $100^{\circ}C$), po ostygnięciu do temperatury zwykłej (np. $20^{\circ}C$) stać się może roztworem nasyconym i wydzielić nadmiar siarczanu w postaci osadu, złożonego z licznych zbitych ze sobą drobnutkich kryształków (Fig. 51), które oglądane przez mikroskop,



Fig. 51. Krystalizacja szybka (np. siarczanu miedzi) daje drobnokrystaliczny osad.

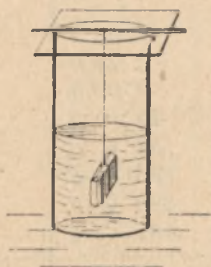


Fig. 52. Krystalizacja powolna prowadzi do powstawania dużych kryształów.

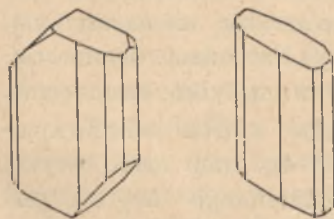


Fig. 53. Siarczan miedzi w postaci odrębnie wykształconych kryształów.

wykazują wyraźne formy brył geometrycznych. Jest to krystalizacja szybka. — Pozostały stąd roztwór jest już roztworem nasyconym, i mianowicie nasyconym w tej obniżonej temperaturze.

2) Zlejmy ten roztwór z nad osiadłych w nim kryształów siarczanu do niezbyt wysokiej zlewki i zawieśmy w nim na nitce, jak na Fig. 52, jeden tylko drobny kryształ siarczanu. — Pozostawmy zlewkę na przeciąg dni kilku w miejscu o tej samej temperaturze, w której znajdował się pierwotny oziębiony roztwór (a więc np. w $20^{\circ}C$). Co zobaczymy wtedy? Oto drobny pierwotnie kryształek siarczanu urośnie znacznie. Przyjmie on swoistą postać krystaliczną, wyobrażoną na Fig. 53. Proces ten jest to krystalizacja powolna. — Przy powolnem narastaniu kryształu, zawieszonego w nasyconym roztworze, niewątpliwie musi się z roztworu tego wydzielać siarczan. Skądinąd bowiem osadzający się siarczan, pochodzić nie może. Dzieje się to skutkiem tego, że w otwartym naczyniu umożliwiające jest powolne wyparowywanie wody z roztworu. Z każdego więc centymetra sześciennego wyparowanej wody osiąść musi tyle siarczanu, ile było go w niej w stanie nasyconego roztworu.

Gdyby roztwór odparował, całkowicie wykryształizowałby wszystkich zawarty w nim siarczan. Zachodzi to

właśnie wtedy, gdy roztwór, np. soli kuchennej, odparowujemy do suchości w otwartym naczyniu.

Wnioski: — 1) *Krystalizacja z roztworów jest procesem odwrotnym do rozpuszczania.* — 2) *Krystalizować może tylko roztwór nasycony: — przez odparowywanie rozpuszczalnika (np. wody), lub wskutek oziębienia roztworu.*

3) Gdy porównamy ze sobą kryształy różnych ciał co do ich postaci, np. siarczanu miedzi, soli kamiennej i siarki, od razu spostrzegamy, że mają one kształty odmienne. — Np. siarczan miedzi (Fig. 53) krystalizuje się w postaci graniastosłupów (krótkich), ściętych skośnymi płaszczyznami; sól kamienna (Fig. 69) — w postaci sześciątów; siarka — w postaci ostrosłupów (Fig. 76 b) a także i graniastosłupów (Fig. 76 a), ale odmiennych, niż siarczan miedzi i t. d.

Wniosek: *Postaci krystaliczne ciał są bardzo różne, i dla każdego ciała odmienne.*

Ćwiczenia i pytania: — Czy krystalizacja może odbyć się w roztworze nasyconym, przechowywanym: w szczelnie zamkniętym naczyniu, w niezmienniej temperaturze? — 2) Przygotować nasycony roztwór soli kuchennej i wyhodować zeń większe kryształy, prowadząc krystalizację możliwie powoli (jak?). — 3) Czy nasycony w $100^{\circ} C$ roztwór soli kuchennej wydzielić z siebie może znacniejszą ilość soli po oziębieniu do $15^{\circ} C$? (Wywnioskować to z danych tablic rozpuszczalności.) — 4) Spróbować nasycić na gorąco (np. w $80^{\circ} C$) 50 cm^3 roztworu saletry i sprawdzić, jak dużo wykrystalizuje zeń saletry przy oziębieniu np. do $15^{\circ} C$.

7. **Rozpuszczalność cieczy w wodzie.** — 1) Skłóćmy kilka centymetrów sześciennych oliwy z wodą w próbówce. Powstanie mętna ciecz, która pozostawiona w spokoju oddzielać pocznie oliwę: oliwa wypłynie nawierzch, jako górna odrębna warstewka cieczy. To samo wykaże nam nafta, terpentyna i wiele innych cieczy. — Wyciągnijmy pipetą (Fig. 49) — z pod warstwy oliwy — nieco wody i przesączmy przez bibułę. W wodzie tej po odparowaniu nie znajdziemy śladu oliwy. — Oliwa więc nie rozpuszcza się w wodzie.

2) Alkohol należy natomiast do cieczy, które z wodą mieszają się w zupełności, wytwarzając jednorodne roztwory. Przy dolewaniu alkoholu do wody małymi porcjami nie można dojść do tego,

by alkohol nie został wchłonięty przez wodę. W przeciwieństwie więc do ciał stałych alkohol rozpuszcza się w wodzie bezgranicznie.

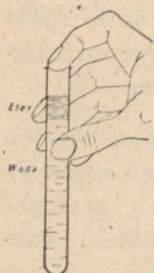


Fig. 54. Rozpuszczalność cieczy w cieczy może być częściowa, np. eteru w wodzie.

3) Eter wpuszczany do próbówki z wodą kroplami z pipety, po zakłóceniu próbówki zatkniętej palcem jak na Fig. 54, rozpuszcza się w niej początkowo. Następuje jednak moment, w którym dolana porcja eteru nie zostanie już wchłonięta przez wodę i wypływa nawierzchni w postaci warstewki eterowej. Eter rozpuszcza się więc w wodzie tylko częściowo, do pewnej granicy.

Wnioski: — *Rozpuszczalność cieczy w wodzie jest rozmaita*, są bowiem: — 1) *Ciecze nierozpuszczalne w wodzie*, np. nafta, oliwa. — 2) *Ciecze rozpuszczające się częściowo*, np. eter. — 3) *Ciecze rozpuszczające się bezgranicznie*, np. alkohol.

8. Rozpuszczalność gazów w wodzie. — 1. *Rozpuszczalność powietrza a temperatura.* — Już poprzednio, gdy była mowa o zużywaniu się powietrza przy oddychaniu (str. 39), stwierdziliśmy, że w wodzie, stykającej się z powietrzem, a więc w wodach naturalnych,

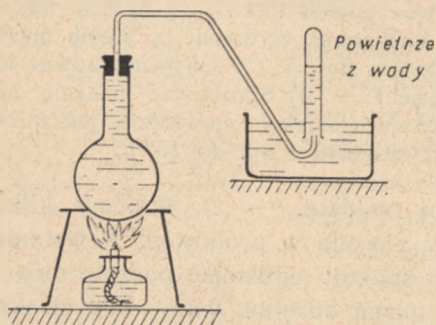


Fig. 55. Rozpuszczalność powietrza w wodzie. Przez ogrzewanie powietrze rozpuszczone w wodzie uchodzi z niej.

znajduje się rozpuszczone powietrze, a nadto, że w zimnej wodzie jest go więcej, niż w gorącej. Ilość rozpuszczonego powietrza w wodzie jest drobna. Sprawdźmy, ile może ona wynosić na 1 *litr* zimnej wody, mającej np. 15° C. — W tym celu do kolby o znanej pojemności, np. $\frac{1}{4}$ litra, dopasujemy wąską odwodzącą rurkę, umocowaną jak na Fig. 55, w szczelnie dopasowanym korku. Koniec rurki

w korku nie powinien wychodzić wdół poza korek. Nad wylotem tej rurki odwodzącej ustawiona jest próbówka do odbierania powietrza w wanience pneumatycznej, wypełnionej tym razem gorącą wodą. Wskazane jest, by próbówka ta była skalibrowana, t. j. opatrzona podziałką, wskazującą cm^3 . — Kolbę i rurkę odwodzącą wypełnia się

całkowicie zimną wodą, wyklóconą wpierw mocno i wielokrotnie z powietrzem. Po ogrzaniu kolby do wrzenia powietrze w wodzie rozpuszczone uchodzi z niej drobnymi banieczkami i zbiera się w próbówce nad gorącą wodą. Nie może być to para, bo para wody skropliłaby się. Jest to więc powietrze, które było pierwotnie rozpuszczone w $\frac{1}{4}$ litra zimnej wody, umieszczonej w kolbie.

W ten sposób stwierdza się, że 1 *litr* wody o temp. $15^{\circ} C$ może w sobie rozpuścić $20\cdot5\text{ cm}^3$ powietrza. — Woda wygotowana, a nie skłócona po ochłodzeniu z powietrzem, jest jako napój niesmaczna.

2. *Rozpuszczalność innych gazów w wodzie.* — Powietrze, jak o tem już wiemy (str. 35), składa się głównie z $\frac{4}{5}$ części azotu *N*, z $\frac{1}{5}$ części tlenu *O*, a także z drobnej ilości $\frac{3}{10\,000}$ cz. bezwodnika węglowego. Skoro powietrze jako całość rozpuszcza się w wodzie, wszystkie więc składniki jego muszą się też rozpuszczać w wodzie. — Stwierdzono, że składniki te, będąc w stanie czystym, każdy z osobna, pod ciśnieniem 1 atmosfery, rozpuszczają się w 1 *litrze* wody o $t = 15^{\circ} C$ w ilościach:

Azot <i>N</i>	17 cm^3 , co stanowi ok.	= 0·02 <i>g</i>
Tlen <i>O</i>	34 cm^3 , „ „ „	= 0·05 <i>g</i>
Bezwodnik węglowy 1 <i>litr</i> , „ „ „		= 1·97 <i>g</i>

Oprócz wymienionych jest wiele innych gazów jeszcze, np. amonjak, siarkowodór. Niektóre z nich rozpuszczają się w wodzie w ogromnych ilościach, np. chlorowodór (str. 82), amonjak. Rozpuszczalność chlorowodoru wynosi 450 *litrów*, amonjaku ok. 800 *l* — w 1 *litrze* wody w 15° . — Widzieliśmy, że za ogrzaniem wody, powietrze w niej rozpuszczone, z wody uchodzi. Znaczy to, że rozpuszczalność powietrza w wodzie ze wzrostem temperatury maleje i to znacznie. To samo stwierdzić można i dla innych gazów.

Wniosek: *Rozpuszczalność wszystkich gazów w wodzie maleje, gdy temperatura wody wzrasta.*

3. *Rozpuszczalność gazów a ciśnienie.* — Znane są każdemu t. zw. „musujące wody“, przechowywane w syfonach, a także piwo, we flaszkach. Woda musująca, wypuszczona ze syfonu, lub piwo, wylane z flaszki do szklanki, silnie musują, t. j. wydzielają ze siebie jakiś gaz, który w wodzie tych napojów był rozpuszczony w większych ilościach. Łatwo sprawdzić (jak?), że gaz ten — to bezwodnik węglowy. — Dlaczego jest go tak wiele w tych napo-

jach? Bo go w nie „napompowano“. To napompowanie wody bezwodnikiem węglowym odbywa się sztucznie w naczyniach szczelnie zamkniętych, a więc pod ciśnieniem. — Gdy ciecz z pod nadmiaru ciśnienia gazu uwolniona zostanie, co właśnie ma miejsce, gdy wentyl syfona z wodą sodową otworzymy, lub flaszkę z piwem odkorkujemy, nadmiar zawartego w tych napojach bezwodnika uchodzi w powietrze: ciecz „musuje“.

W niektórych wodach t. zw. mineralnych (p. str. 65), wpływających w pewnych miejscowościach z naturalnych źródeł, zawartość bezwodnika węglowego jest bardzo znaczna. Bezwodnik ten pochodzi z wnętrza pokładów skalnych i pod ciśnieniem w ich głębi nasycą sobą wodę. Gdy woda taka wypływa na powierzchnię ziemi, bezwodnik w niej zawarty, pozbawiony nadmiaru ciśnienia uchodzi z niej. — Woda taka, szczególnież za ogrzaniem, może również musować.

Wnioski: — 1) *Rozpuszczalność gazów, tworzących powietrze, w wodzie jest nieznaczna, wynosi zaledwie kilkanaście cm^3 na 1 litr wody.* — 2) *Rozpuszczalność gazów w wodzie za ogrzaniem maleje.* — 3) *Rozpuszczalność gazów z wzrostem ciśnienia znacznie powiększa się.*

Pytania: — 1) Co trzeba uczynić, by przegotowanej wodzie po ochłodzeniu nadać smak wody świeżej? — 2) Wskutek czego zdarza się, że flaszka z piwem może „wyszturzyć“? — 3) Czy w wodzie przegotowanej, a przechowywanej w zamkniętym naczyniu, mogą żyć np. złote rybki? — 4) Porównać działanie syfonu wypełnionego wodą sodową z tryskawką (Fig. 22, str. 24).

9. Rola wody jako rozpuszczalnika w przyrodzie. Wody naturalne. — 1. *Woda atmosferyczna.* — Wskutek ustawicznego parowania wód, znajdujących się na kuli ziemskiej: oceanów, mórz, jezior, rzek i wilgotnej powierzchni, — w atmosferze ziemi znajduje się zawsze para wodna. Wiemy, że para wody w powietrzu jest niewidzialna, lecz w pewnych warunkach może się skroplić. Wtedy wytwarza się widzialna mgła, najczęściej w postaci obłoków lub chmur. — Z powstałej chmury, o ile chmura nie zdąży znów sama odparować w powietrzu, wytwarzają się opady wodne. Są to opady atmosferyczne: deszcz, śnieg, grad. Woda deszczowa — jest więc wodą powstałą z pary wodnej. Jest to najczystsza woda naturalna. Spadając na ziemię, wszystkie te opady wodne wchodzą w styczność z mate-

rałami ziemi. Cóż więc stać się musi? Ciała, rozpuszczające się w wodzie, będą przechodzić w stan rozpuszczenia. — Wody naturalne muszą więc zawierać w sobie rozpuszczalny w wodzie materiał, i mianowicie ten, z którym weszły w styczność. Stąd to pochodzi, że każda woda naturalna, z wyjątkiem wody deszczowej, zawiera w sobie mniej lub więcej ciał rozpuszczonych. Łatwo to sprawdzić przez odparowanie jakiegokolwiek, np. źródlanej lub rzecznej wody w miseczce szklanej.

Opady atmosferyczne, spadając na ziemię w postaci wody deszczowej, częściowo od razu spływają po niej, tworząc strumienie, potoki, małe, większe i duże rzeki, częściowo zaś wsiąkają w podłoże.

2. *Wody źródlane.* — Woda atmosferyczna, która wsiąknie w ziemię, oddziałuje na materiał, z którym się styka, przede wszystkim jako rozpuszczalnik. Przenikając sobą przepuszczalne warstwy ziemne, woda ta wyciągać z nich musi wszystkie te składniki ziemi (skały), które w wodzie są rozpuszczalne. Od rodzaju więc ziemi (skały), t. j. od jakości zawartych w niej składników rozpuszczalnych, będzie zależał rodzaj wody naturalnej, ze skały tej pochodzącej. Stąd wody źródlane mają bardzo rozmaity skład ciał, w niej rozpuszczonych. Są źródła o wodzie smacznej i niesmacznej, miękkiej i twardej. Są też źródła wód t. zw. mineralnych, zawierających składniki, nie spotykane w zwykłych wodach, np. w wodzie studziennej. Pośród wód mineralnych rozróżniamy wody: słone, gorzkie, alkaliczne, siarczane i t. d.

3. *Wody lądowe.* — Woda, która spływa po powierzchni ziemi, oddziałuje na podłoże, po którym spływa, przeważnie mechanicznie, unosząc z niego rozdrobiony materiał nierozpuszczalny, jako to: żwir, piasek, ił. — Materiał ten, znalazłszy się ostatecznie w morzach, tworzy na dnie ich warstwy osadowe, które po ustąpieniu mórz i powstaniu w miejscach tych lądów występują jako pokłady skalne. Z pokładów takich po ich wypiętrzeniu się powstały łańcuchy górskie, jak np. nasze Karpaty.

4. *Woda morska,* — zajmująca sobą przeważająca część powierzchni całej kuli ziemskiej, ustawicznie parująca i ustawicznie wchłaniająca w siebie wody lądowe, spływające do mórz i oceanów potężnymi rzekami, — zawiera w sobie wszystko to, co z materiału skorupy ziemskiej przez wodę rozpuszczone być mogło. W porównaniu z wodą rzeczną, lub wodami źródłanymi, woda morska ma większą zawartość najrozmaitszych rozpuszczonych w niej ciał. Po

odparowaniu 1 *litr* wody morskiej wydaje ok. 20—30 *g* osadu. Osad ten składa się przeważnie: z soli kuchennej, soli gorzkiej, z gipsu i jeszcze wielu innych ciał. Będzie o nich mowa w ustępie o soli kuchennej (str. 78).

5. *Rola wody*, wsiąkniętej w ziemię, nie ogranicza się jedynie do tego, że z niej powstają źródła. — Niezmiernie ważnem jest również to jej zadanie, które spełnia w życiu roślin (p. rozdz. „Gleba“). Wiadomo, że na suchej ziemi roślina żyć nie może. Kwiaty w doniczkach, ogrody, sady, wymagają nawet podlewania sztucznego, jeśli deszcz czas dłuższy nie pada. Dlaczego roślina żyć więc może tylko na ziemi wilgotnej?

Właśnie dlatego, że woda, zawarta w ziemi wilgotnej, zawiera w sobie rozpuszczalne części tej ziemi, a więc składniki, które widocznie niezbędne są do życia rośliny. Jakie to są ciała, o tem pomówimy później (p. rozdz. „Gleba“). Ciał tych nie zawiera piasek, bo jak wiadomo na piasku, choćby nawet wilgotnem, niewiele co rosnąć może. Piaszczysta gleba jest dla roślin złą glebą, a szczyry piasek, t. j. piasek czysty, zgoła już roślin wyżywić nie może (dlaczego?). Przykłady tego mamy na piaszczystych wydmach, występujących miejscami i w Polsce, np. w okolicy Szczakowej, w różnych okolicach Polesia i t. d., oraz w ogromnych piaszczystych, bezroślinnych przestrzeniach pustyń Arabji, Mongolji, Sahary i t. d.

Z powyższego wynika, że woda znajdująca się w ziemi, jest zasadniczem pożywieniem rośliny. Pożywienie to stanowią składniki mineralne w wodzie gleby jako w rozpuszczalniku zawarte. Roślina czerpie je w postaci roztworu z ziemi korzeniami i rozprowadza po całym swym organizmie. Jak się to dzieje, o tem będzie mowa później.

Wnioski: — 1) *Wszystkie wody naturalne, z wyjątkiem deszczowej, zawierają w sobie mniejszą lub większą ilość ciał, pochodzących z rozpuszczalnych w wodzie składników skorupy ziemskiej.* — 2) *Woda, zawarta w wilgotnej glebie, stanowi roztwór, z którego roślina korzeniami czerpie mineralny materiał odżywczy, niezbędny dla jej życia i wzrostu.*

Pytania: — 1) Czy woda opadowa, np. deszczowa, po odparowaniu do suchości może dać choćby drobny osad? — 2) Czy woda deszczowa jest „miękką”? — 3) Czy w deszczowej wodzie mogą znajdować się rozpuszczone gazy? Jakie? — 4) Czy ił, niesiony wodą po ulewie, jest ciałem rozpuszczonem? — 5) Czy

roślina, np. kukurydza, zasadzona w doniczce w czysty piasek, mogłaby w nim rozwijać się przy podlewaniu wyłącznie deszczową wodą?

2. Woda dystylowana.

Jak już wiemy, każda woda naturalna, z wyjątkiem wody deszczowej lub wody otrzymanej ze stopienia czystego śniegu, nie jest wodą czystą. Chcąc sztucznie otrzymać zupełnie czystą wodę, nie zawierającą żadnego rozpuszczonego ciała, należy zwykłą wodę przedystylować. Przedystylować, albo przekroplić ciecz — znaczy to, przeprowadzić ją w stan pary, a następnie parę tę skroplić. — Proces przekroplenia wody, a także każdej innej cieczy, przeprowadza się w następujący sposób.

1. Dystylacja. — W naczyniu, zwanem *dystylatorką* — może to być zwykła kolba szklana (Fig. 56) lub kociołek metalowy, jak na Fig. 57, opatrzone rurką odводzącą parę — umieszczamy „surową“, np. źródlaną wodę. W dystylatorce płomieniem odpowiedniego palnika — może to być nawet palenisko na węgiel lub drzewo, jak w wielkich urządzeniach — doprowadzamy wodę do wrzenia. Wytwarzająca się i uchodząca rurką para przedostaje się do urządzenia zwanego *chłodnicą*. — Chłodnica składa się zawsze z rury, przez którą przechodzić ma para dystylowanej cieczy, która chłodzona jest z zewnątrz zimną wodą. W rurze chłodnicy gorąca para oziębia się. Następuje więc tu skroplenie pary, a powstała z pary ciecz ścieka z wyłotu chłodnicy do podsta-

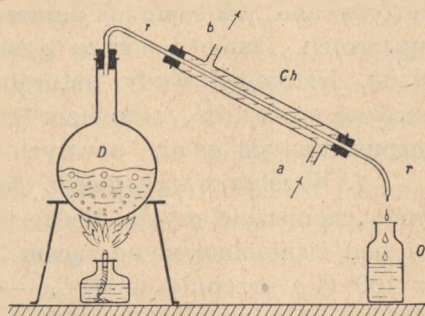


Fig. 56. Dystylacyjny przyrząd mniejszych rozmiarów: *D* — dystylacyjna kolba, *Ch* — chłodnica, oziębianą strumieniem zimnej wody (*a*, *b*); *r* — rurka przewodząca parę, którą się skrapla; *O* — odbieralnik na dystylat.

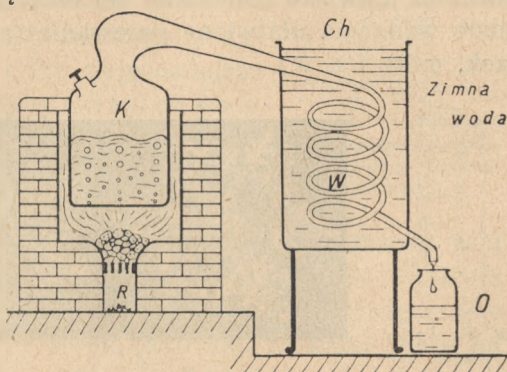


Fig. 57. Dystylacyjne urządzenie: *K* — kocioł dystylacyjny, *Ch* — chłodnica wodna, *W* — węzownica *O* — odbieralnik.

wionego naczynia *O*, np. zlewki, kubka, dużej butli. Naczynie to odgrywa rolę odbieralnika. — Ciepło, które z sobą unosi gorąca para, zabrane zostaje przez zimną wodę chłodnicy.

2. Własności wody dystylowanej, t. j. wody czystej. — Woda dystylowana, — o ile zebrana jest do naczynia, którego materiał nie rozpuszcza się w wodzie, np. do naczynia szklanego, porcelanowego, lub metalowego cynowanego wewnątrz, albo pokrytego nierozpuszczalną polewą, — nie może w sobie nic zawierać. Po odparowaniu dobrej wody dystylowanej nie powinno pozostać najmniejszego osadu. — Woda dystylowana jest wodą zupełnie miękką.

Znaczy to, że w przeciwieństwie do różnych wód naturalnych, z których jedne mogą być miękkie inne twarde, woda dystylowana, tak samo jak deszczowa, najłatwiej rozgotowuje jarzyny (np. groch, fasolę) i od razu z najmniejszą ilością mydła wytwarza pianę. Natomiast wody naturalne pienią mydło tem trudniej, im bardziej są twarde, albowiem twardość wody zależy od zawartości rozpuszczonych w niej pewnych soli wapniowych i magnezowych.

1. Wrzenie i krzepnięcie wody. — Tylko dystylowana, a więc woda chemicznie czysta, będąc pod normalnem ciśnieniem, — t. j. pod ciśnieniem wynoszącem 76 cm słupa rtęci — wrze dokładnie w $100^{\circ} C$ a krzepnie w $0^{\circ} C$. — Wody mineralne wrzą pod tem ciśnieniem nieco wyżej $100^{\circ} C$ a krzepną poniżej $0^{\circ} C$. — Woda morska np. wrze w $102^{\circ} C$ a krzepnie w $-3^{\circ} C$.

Zamiana wody na parę pociąga za sobą bardzo znaczne pochłanianie ciepła, — znaczniejsze, niż u innych cieczy. Stąd pochodzi zjawisko oziębiania się otoczenia (powietrza) w miejscach, gdzie woda ma ułatwione parowanie (np. nad powierzchnią stawów, rzek, mórz i t. d.).

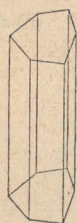


Fig. 58. Postać odrębnych kryształków lodu.

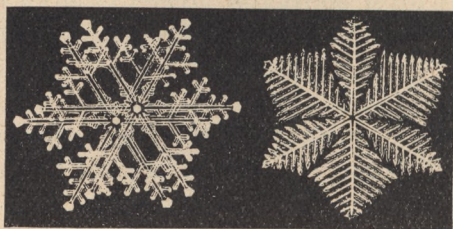


Fig. 59. Płatki śniegu w powiększeniu.

Natomiast przejście ciekłej wody w lód — połączone jest ze znacznem wydzielaniem ciepła. Stąd powolność w marznieniu wód. Gdyby woda tej

własności w tak wysokim stopniu nie posiadała, — powłoka lodowa wód w czasie okresu zimna (mrozów) osiągałaby daleko większą grubość.

Lód przedstawia albo zwartą masę, — np. na powierzchni zamarzłej wody, którą stanowią zrośnięte ze sobą kryształy (Fig. 58) — albo występuje w postaci ziarnistej, jak np. grad, albo też przyjmuje postać drobniotkłych kryształów, jak np. płatki śniegu (Fig. 59).

2. *Rozszerzalność wody.* — Przy zmianach temperatury ciekła woda zmienia swą gęstość w bardzo znamieny sposób. Nie w 0° , lecz w temp. $+4^{\circ} C$ ma ona największą gęstość. Znaczy to, że zarówno powyżej, jak i poniżej tej temperatury jej objętość właściwa (p. str. 9) wzrasta. Tylko więc dokładnie w temp. $+4^{\circ} C$ ma czysta woda objętość właściwą równą 1 cm^3 . W tej to właśnie temperaturze masa wody zawarta w 1 cm^3 , stanowi ciężar, który obrano za jednostkę ciężarów (p. str. 3) i nazwano gramem.

Przez ogrzanie od $+4^{\circ} C$ do $100^{\circ} C$ objętość 1 litra (1000 cm^3) ciekłej wody wzrasta do 1043 cm^3 . — Przy oziębianiu od $+4^{\circ}$ do 0° — objętość też nieco powiększa się. Największa natomiast zmiana objętości występuje przy krzepnięciu wody na lód. Wtedy z 1 litra, t.j. 1000 cm^3 ciekłej wody powstaje 1093 cm^3 zwartego lodu. Znaczy to, że lód, powstały z ciekłej wody, ma objętość właściwą większą, niż woda. Lód jest więc lżejszy od wody i w niej nie może tonąć, a zanurzony wypływa na powierzchnię.

Ta własność lodu, a mianowicie jego zwiększona, w porównaniu do ciekłej wody, objętość właściwa, ma niezmiernie doniosłe znaczenie w zjawiskach przyrody. Zważmy tylko najważniejsze i najogólniejsze skutki. — 1) Gdyby lód był od wody cięższy — naturalne zbiorniki wodne (morza, jeziora, stawy, rzeki i t. d.) mogłyby w okresach zimy wymarzać do dna. Natomiast pływająca na powierzchni wód powłoka lodowa, chroni dolne warstwy wód od wymarzania w głąb. To znów zabezpiecza możność istnienia w wodach istot organicznych (zwierząt i roślin). — 2) Powiększając swą objętość przy krzepnięciu — woda, jako lód, wyrzucić może na otaczające go przeszkody ogromne ciśnienia. Przykładem jest doświadczenie z flaszka, wypełnioną wodą i wystawioną na mróz (Fig. 60). Flaszka, najsilniejsza nawet, zostaje rozsadzona. — Podobnie dzieje



Fig. 60. Powiększenie objętości krzepnącej wody powoduje rozsadzenie flaszki.

się ze skałami, nawet najtwardszemi, jeśli woda, znajdująca się w ich szczelinach, zimą zamarza: skała pęka, kruszy się. — Proces ten, powtarzający się w ciągu tysięcy, dziesiątków tysięcy i więcej lat, jest tym, który zmienia powoli kształty najpotężniejszych gór.

Pytania: — 1) Dlaczego w kociołku do gotowania wody powstaje zawsze po pewnym czasie na ścianach osad, tak zw. „kamienia kotłowego”. — 2) Dlaczego odczuwamy zimno po wyjściu z kąpieli?

3. Wodór.

1. Otrzymywanie wodoru z wody za pomocą sodu. — 1) Gdy skrawek sodu Na rzucimy na wodę w otwartym naczyniu np. w miseczce szklanej, zauważymy następujące zjawiska: kawałek sodu pływa po wodzie, przyczem przybiera postać kulki, która sycząc,

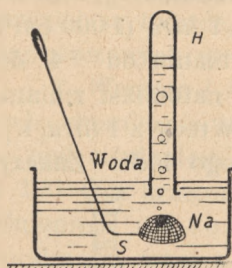


Fig. 61. Wywiązywanie wodoru H z wody, działaniem sodu Na , umieszczonego pod siatką S .

żwawo porusza się po powierzchni wody. Powoli kulka ta maleje i wreszcie znika. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że sód ulec tu musiał jakiegoś przemianie w zetknięciu z wodą. — Zanurzymy pływającą kulkę sodu pod wodę. Łatwo to wykonać za pomocą siatki drucianej S , przymocowanej do drucianego pręta, jak na Fig. 61. Przez otwory siatki obserwujemy wydobywanie się baniek gazu. Ustawivszy nad zanurzonym sodem próbkę z wodą, łowimy gaz do próbki. — Jest to — wodór.

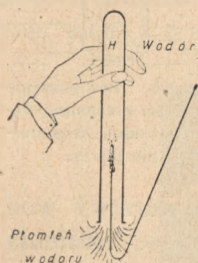


Fig. 62. Wodór gasi płomień stoczka doń wprowadzonego, a sam się zapala.

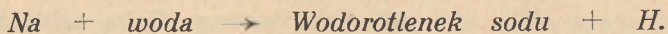
2) Do wypełnionej wodorem większej próbki wprowadźmy szybko na druciku zapalony stoczek, jak na Fig. 62. Stoczek zapala gaz u wylotu próbki, płomień stoczka gaśnie wewnątrz wodoru. Wodór jest gazem palnym, lecz palenia nie podtrzymuje.

3) Co się stało ze sodem? Woda, z którą sód reagował, ma smak ługowaty, czyni skórę palców ślizgłą. Próba z lakmusem stwierdza, że różowy papirek lakmusowy w niej niebieszczeje. W wodzie tej musi więc być rozpuszczona jakaś zasada (str. 50), bo wszystkie te cechy są własnościami zasad, jak np. wapna gaszonego, wodorotlenku sodowego i t. d. Odparujmy kil-

kanaście centymetrów sześciennych tej wody w miseczce szklanej. Stwierdzamy obecność w niej białego osadu. Jest to właśnie znany już nam (str. 50) wodorotlenek sodu. — Nie mógł on powstać inaczej, jak przez częściowy rozkład wody sodem.

4) Podobnie jak sól rozkładają wodę i inne metale. Jedne czynią to na zimno: np. sól, potas, wapń, inne zaś na gorąco: np. magnez, żelazo. — Z wody wydziela się wodór, a z metalu powstaje odpowiedni tlenek, a więc tlenek sodu, tlenek magnezu i t. d. Niektóre z tych tlenków w wodzie zamieniają się dalej na wodorotlenki. Stąd zamiast tlenku sodu po odparowaniu nadmiaru wody, znajdujemy wodorotlenek sodu ($\text{Na}, \text{O}, \text{H}$).

Wnioski: — 1) Istnieją *metale*, które *rozkładają wodę z wydzielaniem wodoru*. — 2) Sól rozkłada wodę na zimno. — 3) *Reakcja rozkładu wody metalem prowadzi do wytworzenia tlenku metalu albo wodorotlenku i wydzielania wodoru H*, np.:



2. Otrzymywanie wodoru z kwasów. —

Otrzymywanie wodoru z wody zapomocą sodu nie jest korzystne, bo sól jest metalem stosunkowo drogim. Gdy chodzi o otrzymanie większych ilości wodoru, posługujemy się wydzielaniem go z kwasów. Różne kwasy, np. siarkowy, reagują z łatwością w temperaturze zwykłej z metalami, np. żelazem, cynkiem, wydzielając wodór.

1) Do większej próbówki, jak na Fig. 63, wlewamy najpierw ok. 15 cm^3 wody, poczem dolewamy powolnie 3 do 5 cm^3 czystego kwasu siarkowego. (Nigdy odwrotnie!) Czysty kwas siarkowy jest ciężką oleistą cieczą (pokaż). Obchodzić się z nim należy ostrożnie, gdyż przeżera skórę, papier, ubranie i t. d. Do wytworzonego w powyższy sposób rozcieńczonego kwasu, czyli roztworu kwasu siarkowego w wodzie, wrzucamy cynk Zn w drobnych kawałkach. — Wnet ciecz zaczyna się burzyć, a wytwarzający się wodór może być zapalony u wylotu próbówki. Wodór daje płomień białoniebieski, przy świetle prawie niewidoczny.

2) Gdy chodzi o otrzymanie większej ilości wodoru i zebrania go do dalszych doświadczeń, zamiast w próbówce, wywiązują



Fig. 63. Próba na zapalność wodoru H .

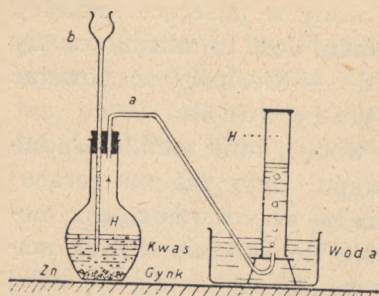


Fig. 64. Wywiązywanie wodoru H z kwasów, działaniem cynku Zn , i zbieranie go w słojach wanianki pneumatycznej.

jemy go w kolbce najwyżej $\frac{1}{4}$ litrowej. Tę kolbkę reakcyjną zamykamy szczelnie korkiem opatrzonym dwiema rurkami, jak na Fig. 64. Jedna z tych rurek b sięga prawie dna kolbki i służy do wlewania kwasu przez jej górny bańkowaty otwór. Druga rurka a , odpowiednio wygięta, jest rurką odprowadzającą wodór, np. do walców z wodą, ustawionych na mostku wanianki pneumatycznej.

3) Gdy chodzi o otrzymanie suchego wodoru, należy uchodzący z kolby reakcyjnej wodór uwolnić od pary wodnej, powstałej z roztworu, a nadto nie można go zbierać w walcach nad wodą, lecz nad suchą rtęcią.

Do suszenia wodoru, a tak samo i innych gazów, np. powietrza, służą ciała, chłoneące parę wodną. Taką własność posiada np. stężony (oleisty) kw. siarkowy, wypróżniony chlorek wapniowy (pokaz).

Gaz przechodzący bańkami przez stęż. kw. siarkowy w płóeczce, (Fig. 67, str. 73), zostaje pozbawiony pary wodnej. Tak samo, gdy przechodzi przez warstwę wypróżnionego ziarnistego chlorku wapnia, umieszczonego w rurce.

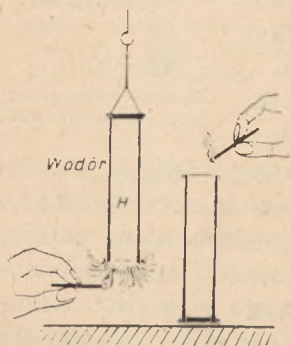


Fig. 65. Lekkość i lotność wodoru: uchodzi on z walca otwartego od góry, utrzymuje się dłuższy czas w walcu, otwartym od dołu.

3. Własności wodoru. — 1) Wypełnijmy dwa jednakowej wielkości walce wodorem. Jeden z nich po wyjęciu z wanianki, zawieśmy dnem do góry, drugi nieprzykryty ustawmy na stole otworem do góry, jak na Fig. 65. — Po upływie kilku minut spróbujmy do każdego z walców wprowadzić płonący stoczek (jak poprzednio na Fig. 62). W walcu zawieszonym dnem do góry — wodór zapali się, w walcu stojącym — nie. Znaczy to, że po upływie tych kilku minut czasu, wodór z walca, zawieszonego otworem do góry, uszedł, a pozostał w walcu otwartym ku dołowi. —

Wodór jest przeto lżejszy od powietrza i to znacznie, mianowicie około 14 razy.

2) Trzymając wypełniony wodorem słoik dnem do góry, obwiążmy go szczelnie papierem, poczem odwróciwszy, zbliżmy doń palącą się zapalnik: wodór zapali się nad papierem (Fig. 66). Wodór przenika przeto z łatwością papier, a tak samo inne materiały porowate. Własność tę nazywamy dyfuzją. Dyfundować mogą też i inne gazy, np. tlen, powietrze, ale dyfuzja ich jest znacznie powolniejsza. Najszybciej ze wszystkich gazów dyfunduje wodór, bo jest najlżejszy.

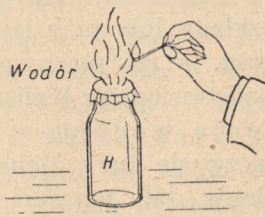


Fig. 66. Dyfuzja wodoru przez papier.

3) Do większej próbówki, wypełnionej wodą, w której chwytamy wodór, wprowadźmy go tylko częściowo, a mianowicie do $\frac{1}{3}$ objętości. Poczem podnieśmy próbówkę dnem do góry: reszta wody z próbówki wyleje się, a na to miejsce wejdzie powietrze. Spróbujmy zapalić tę mieszaninę wodoru z powietrzem. Nastąpi gwałtowny wystrzał. Wodór zmieszany z powietrzem, szczególnie w stosunku: 2 objętości wodoru na 5 objętości powietrza, tworzy mieszaninę wybuchającą.

4) Wywiążmy suchy wodór zapomocą urządzenia jak na Fig. 67, co jak wiemy (str. 72), uskutecznia się zapomocą płóeczki ze stęż. kw. siarkowym, lub rurki z wyprażonym chlorkiem wapnia. — Uchodzący zwężonym wylotem rurki wodór można po pewnym czasie zapalić.

Wpierw jednak należy się przekonać, czy uchodzący wodór nie jest zmieszany jeszcze z powietrzem, które początkowo wypełniało naczynie reakcyjne i płóeczkę, by nie zapalić przypadkiem mieszaniny wybuchającej, co mogłoby spowodować niebezpieczny wybuch i rozsadzenie całego aparatu. — Próbę na czystość wodoru przeprowadzamy tak. Nad wylotem rurki, którą wodór do góry uchodzi, nadstawiamy przewróconą próbówkę i po chwili, odjawszy próbówkę na bok, przytykamy jej wylot do płomienia. Jeśli wypełniający próbówkę wodór nie był czysty — następuje słaby wybuch. Jeśli natomiast zawartość próbówki spala się spokojnie, jest to znak, że zebrana

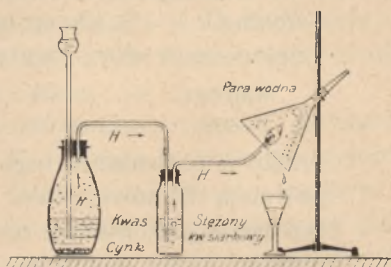


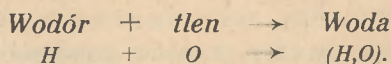
Fig. 67. Urządzenie do wywiązywania wodoru. — Wodór, osuszony przepuszczeniem przez stęż. kw. siarkowy, spalając się wytwarza wodę w postaci pary.

próbka wodoru jest wodorem czystym. — Wtedy tylko można wprost zapalać wodór uchodzący z aparatu.

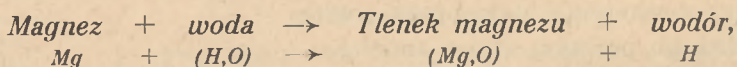
Ustawmy nad płomieniem palącego się wodoru większy klosz szklany lub duży lejek (Fig. 67). Wnet wewnątrz lejka pokryje się rosą, a po pewnym czasie rosa ta zacznie kroplami ściekać do podstawionego kieliszka. Jest to najczystsza woda. — Przez spalanie wodoru w powietrzu powstaje woda. Wodór więc łączy się tu z tlenem powietrza. — Spalenie wodoru w czystym tlenie, daje ten sam wynik, t. j. wodę.

Zestawienie własności wodoru: — 1) *Zdolność dyfuzji wodoru przez porowate materiały jest największa.* — 2) *Wodór jest najlżejszym ze wszystkich gazów.* Od powietrza jest lżejszy 14 razy. — 3) *Wodór jest gazem palnym.* Pali się nieświecącym płomieniem. — 4) *Mieszanina 2 obj. wodoru z 5 obj. powietrza — jest mieszaniną wybuchającą.*

Wnioski: — 1) *Produktem spalania wodoru jest woda.* — Woda tworzy się więc na skutek reakcji:



2) Z tego wynika odwrotnie, iż *woda składa się z wodoru H i tlenu O.* — 3) Skoro np. magnez rozkłada parę wodną z wydzieleniem wodoru i wytworzeniem tlenu magnezu (p. str. 71):



przeto w przemianie tego rodzaju z 2 ciał: magnezu i wody, — powstają 2 nowe ciała: tlenek magnezu i wodór. — Jest to typ reakcji odmienny od reakcyj syntezy i analizy (p. str. 42): *rozkład wody magnezem jest reakcją wymianą.*

4. **Zastosowanie i występowanie wodoru.** — 1) Jako gaz 14 razy lżejszy od powietrza, wodór ma zastosowanie do wypełniania balonów. (Próba z bańkami mydłanymi, rozdymanymi wodorem). — 2) Przy spalaniu się wodoru, wydziela się wiele ciepła. Stąd gazów, zawierających wodór, używa się do opalania. Takim właśnie gazem jest gaz świetlny, wyrabiany w gazowniach z węgla kamiennych (p. Roz. VI). Gaz świetlny zawiera ok. 50% wodoru. — 3) Płomień czystego wodoru, spalanego w czystym tlenie, jest najgorętszym płomieniem. Stąd płomień wodorowo-tlenowy

używa się do topienia najtrudniej topliwych ciał, np. platyny, kwarcu (piasku). — 4) W stanie wolnym wodór w przyrodzie nie występuje. Liczne są natomiast najrozmaitsze połączenia wodorowe z innymi pierwiastkami. — Połączeniem wodoru z tlenem jest woda; z węglem — przeróżne węglowodory, wchodzące w skład gazów ziemnych i ropy naftowej (p. Rozdz. VI); z azotem — amonjak i t. d. — Wodór obok węgla wchodzi w skład każdego połączenia organicznego. Stąd przy spalaniu się węgla kamiennego, drzewa, parafiny, nafty i t. d. zawsze obok bezwodnika węglowego tworzy się para wodna. (Próba z powstawaniem rosy na ścianach lejka, przykrywającego palącą się świecę, jak na Fig. 67 z wodorem wolnym).

4. Sole.

1. Powstawanie soli działaniem metalu na kwas. — 1) Odparujmy nieco cieczy, zlanej z nad cynku *Zn*, który z kwasu siarkowego wydzieliał wodór *H*, a więc np. zawartość próbówki z doświadczenia Fig. 63 (str. 71). Z roztworu tego otrzymamy biały krystaliczny osad. Nie może to być użyty do reakcji kwas, albowiem czysty kwas siarkowy po odparowaniu nie daje krystalicznego osadu. Może więc to być tylko produkt działania kwasu na cynk, który tworzy się z kwasu jednocześnie z wydzielaniem *H*. Jest to sól, w szczególności sól powstała z kw. siarkowego i cynku. Zwie się ona — siarczanem cynku.

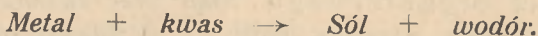
2) Powtórzmy to samo doświadczenie z innymi metalami, np. z magnezem *Mg* i z żelazem *Fe*. Zadajmy więc je osobno w próbkach kwasem siarkowym. Po wydzieleniu się wodoru *H*, odparujmy pozostałe ciecze. — Z roztworu po *Mg*, znajdziemy biały osad, po *Fe* — osad brunatny. Są to produkty działania kwasu siarkowego na *Mg* i na *Fe*, a więc również sole, w szczególności sole kwasu siarkowego: siarczan magnezu oraz siarczan żelaza.

W ten sam sposób z kw. siarkowego działaniem innych jeszcze metali powstać mogą np. siarczany: sodu, potasu, wapnia i t. d.

3) Zamiast kwasu siarkowego, użyjmy do wywiązywania wodoru innego kwasu, np. kw. solnego. — Kwas solny jest to roztwór wodny gazu, zwanego chlorowodem, który się otrzymuje z soli kuchennej, o czem będzie później mowa. — Zadajmy w oddzielnych próbkach kwasem solnym czyli kwasem chlorowodorowym metale: np. cynk *Zn*, żelazo *Fe*, sól *Na*. Po wy-

dzieleniu się wodoru H i odparowaniu powstałych roztworów, znajdziemy osady. Są to również sole, tym razem sole kwasu chlorowodorowego, w szczególności chlorki: cynku, żelaza, sodu (Na, Cl).

Wnioski: — 1) *Przez działanie metalu na kwas powstaje sól i wodór*, czyli zachodzi reakcja wymiany ogólnego typu:



2) W szczególności: z kwasu siarkowego powstają sole, zwane *siarczanami*; z kw. chlorowodorowego — *chlorki*; z kw. azotowego — *azotany*; z kw. węglowego — *węglany* i t. d.

Pytania: — 1) Jak nazwać należy sole kwasów: octowego, cytrynowego, winowego, szczawiowego? — 2) Czy ten sam metal może wchodzić w skład soli różnych kwasów? — 3) Sądząc z powyższych przykładów, jakie są fizyczne własności soli?

2. Powstawanie soli przez zobojętnienie kwasów zasadami. —

1) Do rozcieńczonego roztworu kwasu chlorowodorowego (sól-nego) w zlewce (Fig. 68), zabarwionego kilkoma kroplami lakmusa na różowo, dolewamy powoli (pipetą) roztwór wodorotlenku sodowego (p. str. 50 i 71), zabarwiony kilkoma kroplami lakmusa

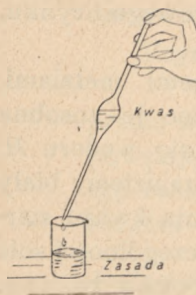


Fig. 68. Zobojętnianie kwasów zasadami w roztworach, przy użyciu barwika lakmusa, jako wskaźnika.

na niebiesko. Zlewamy więc tu z sobą kwas i zasadę. — Początkowo niebieska barwa zasady, wlewanej do różowego roztworu kwasu, znika. Roztwór kwasu zachowuje swą barwę różową. Nastąpi jednak chwila, w której jedna kropla roztworu zasady, wpuszczonej do kwasu, zmieni momentalnie różową barwę kwasu na niebieską. Świadczy to niezawodnie, że w zlewce, gdzie był kwas, kwasu tego więcej niema. W tej chwili urywamy wkraplanie zasady z pipety. — Co się stało z kwasem, dlaczego początkowo znikała dolewana doń zasada?

Podajmy zawartość zlewki odparowaniu. Zanim jeszcze całość roztworu odparuje, tworzyć się w nim pocznie osad bezbarwnych drobnych kryształków. Są to kryształki soli, w danym przypadku — soli, powstałej z kwasu chlorowodorowego i wodorotlenku sodowego, mającej smak soli kuchennej. Solą, która tu powstała, jest istotnie zwykła sól kuchenna.

Jest to znany nam z poprzednich doświadczeń, chlorek sodu (Na, Cl), — ten sam, co się wytwarza przez działanie metalicznego sodu na kwas chloro-wodorowy (solny) (p. str. 75 i 76).

2) W ten sam sposób wytworzyć można odpowiednią sól z każdego innego kwasu i z każdej innej zasady. A więc np. z kwasu solnego i wodorotlenku wapnia — powstanie chlorek wapnia; z kw. azotowego i wodorotlenku wapnia — azotan wapnia; z kw. siarkowego i wodorotlenku sodowego — siarczan sodu; z kw. węglowego i wodorotlenku wapnia — węglan wapnia i t. d.

3) Rozpuścimy trochę którejkolwiek z tych gotowych soli, np. azotanu sodu, czyli saletry, w wodzie. Spróbujmy, jak wytworzony roztwór działa na papierek lakmusowy. Okaże się, że ani różowy, ani niebieski papierek barwy swej nie zmieni. — W przeciwieństwie więc do kwasów i zasad — roztwory tych soli nie zmieniają barwy lakmusa.

Wnioski: — 1) *Przez działanie kwasów na zasady powstaje sól.* — 2) *Skoro sole nie zmieniają barwy lakmusa — są więc związkami obojętnymi.* — 3) *A więc tworzenie się soli z kwasu i zasady jest reakcją zobojętnienia.* — 4) *Oprócz soli przy zobojętnianiu kwasów zasadami wydziela się jeszcze woda¹⁾.* W krótkości więc *reakcję zobojętnienia* możemy zapisać ogólnie tak:



¹⁾ Powstawaniu wody przy działaniu kwasów na zasady w reakcjach zobojętnienia jest dlatego trudno unaocznąć, że zwykle reakcja ta przeprowadza się w roztworach wodnych, t. j. w obecności nadmiaru wody, która stanowi tu rozpuszczalnik.

ROZDZIAŁ V.

SKORUPA ZIEMSKA. JEJ NAJWAŻNIEJSZE SKŁADNIKI I ICH ZUŻYTKOWANIE.

1. Sól kamienna i jej użytkowanie.

1. Sól kamienna w przyrodzie. — 1. *Własności fizyczne.* — Wiemy już (str. 76), że sól kamienna, czyli sól kuchenna jest związkiem zwanym chlorkiem sodu (Na,Cl). Związek ten fizycznie przedstawia znane każdemu ciało krystaliczne, bezbarwne, doskonale przezroczyste. — Drogą powolnej krystalizacji z roztworów, daje się łatwo otrzymać w odrębnych, dużych kryształach. Kryształy te mają kształt sześciątów (Fig. 69). Można je łatwo łupać na płytki, równoległe do ścian sześcianu. — W wodzie rozpuszcza się znacznie (ok. 35 g w 100 g wody) i mało zmienia swą rozpuszczalność z temperaturą (str. 59).



Fig. 69. Sól kamienna: sześcián regularny jest jej swoistą postacią krystaliczną.

2. *Występowanie w przyrodzie.* — Największe ilości chlorku sodu znajdują się w przyrodzie

w stanie rozpuszczenia, a mianowicie w wodzie morskiej.

Woda morska (p. str. 65) obok chlorku sodu zawiera liczne inne sole: potasowe, magnezowe, wapniowe — jako chlorki, siarczany, węglany. Chlorek sodu jest w niej jednak przeważającym składnikiem. — W 1 *litrze* wody morskiej znajduje się ok. 40 g rozpuszczonych różnych soli, a w tem samego chlorku sodu ok. 30 g. Woda morska jest więc roztworem bardzo złożonym. Roztwór ten jest daleki jeszcze od nasycenia. — Gdy go odparowujemy, staje się coraz to bardziej stężonym, aż wreszcie dojść może do stanu nasycenia. Wtedy będą zeń wykryształizować różne składniki, oczywiście najpierw najmniej rozpuszczalne, a więc gips (siarczan wapnia), wapień (węglan wapnia) i t. d., poczem przychodzi kolej na chlorek sodu, następnie na różne sole potasowe, np. chlorek potasu i t. d.,

a wreszcie na najbardziej rozpuszczalne sole magnezowe. — Przerwywając krystalizację (odparowywanie) wody morskiej w odpowiedniej chwili, można z niej wydobywać oddzielnie różne składniki. Przy odparowaniu do suchości wszystkie te składniki znajdują się razem w osadzie.

W naturze takie odparowywanie (częściowe, lub do suchości) wody morskiej mogło zajść wtedy, gdy pewny przybrzeżny obszar morza, np. mała zatoka, został od wolnego morza odcięty. Wtedy cała zawartość tej zamkniętej wody morskiej po wyschnięciu wytworzyć musiała osad pokładu soli. Tak powstawały w dawne geologiczne epoki pokłady solne w różnych częściach świata. — U nas



Fig. 70. Wydobywanie górnicze soli kamiennej w Wieliczce.

w Polsce znajdują się one w szczególności na całym Podkarpaciu (Wieliczka, Bochnia, Kałusz, Delatyn i t. d.), a także w innych okolicach (Ciechocinek, Inowrocław i t. d.). — Pokłady solne są niekiedy ogromnej grubości (miąższości), dochodzącej zwyż 100 m (np. w Wieliczce). Dziś znajdują się one głęboko, niekiedy na kilkaset i więcej metrów pod leżącymi nad nimi, a później wytworzonymi pokładami osadowymi ilów, piaskowców i t. p.

3. *Wydobywanie soli kamiennej.* — W zależności od tego, czy ma się do czynienia z naturalnym roztworem chlorku sodu, czy z dostępnym pokładem soli kamiennej — wydobywanie jadalnej soli odbywa się rozmaicie.

Górnictwo wydobywanie (Fig. 70) prowadzi się mechanicznie w kopalniach. Wyłamana sól, o ile jest dostatecznie czysta, jak

np. sól wielicka, idzie wprost w bryłach, albo zmielona do użycia. — Jeśli pokłady solne nie przedstawiają soli kuchennej dostatecznie czystej, lub są niedostępne do „odbudowy“ górniczej, wtedy pokłady te „wyługowuje się“ napuszczaniem w nie wody. Wytwarza się wówczas nasycony roztwór solny, który przez otwór górniczy (szyb) można wypompuwać. — Liczne są również naturalne źródła, lub sztucznie odwiercone szyby (studnie), produkujące nasyconą solankę, zwaną też ropą solną, np. w licznych okolicach naszego Podkarpacia (Bolechów, Delatyn, Łanczyn, Drohobycz i t. d.). — Z ropy

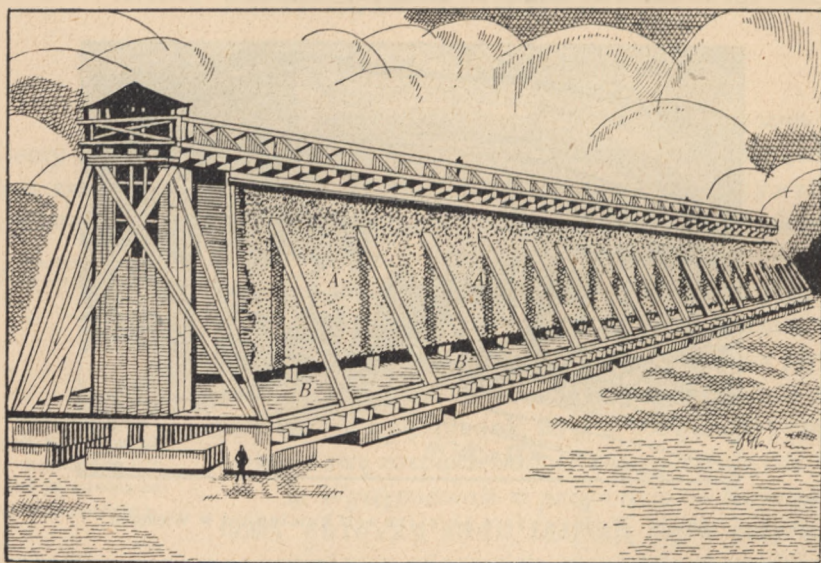


Fig. 71. Tężnie w Ciechocinku: solanka, ściekając po powierzchni chróstu, odparowuje wodę i zagęszcza się.

solnej wydobywa się sól przez sztuczne odparowywanie w tzw. warzelniach. Odparowywanie to odbywa się na wielkich, płtykich metalowych zbiornikach, zwanych panwiami. — Sól otrzymywana w warzelniach, a zwana warzonką, przedstawia czysty, biały drobno-krystaliczny produkt.

Jeśli naturalna solanka nie jest roztworem nasyconym, bezpośrednio jej odparowywanie byłoby zbyt kosztowne ze względu na zużycie wielkiej ilości paliwa. Wtedy poddaje się ją najpierw zagęszczaniu na t. zw. tężniach (Ciechocinek, Fig. 71). Tężnie są to otwarte rusztowania, zbudowane z belek drewnianych w formie

wysokich (niekiedy na kilkanaście metrów) ścian, założonych wewnątrz pękami suchych gałęzi. Ciągłą się one na kilkaset metrów. Solankę wpuszcza się rynną z góry na tężnię, aby ściekała powoli po powierzchni chróstu. Pod wpływem naturalnego ciepła słonecznego, a także sprzyjającego odparowywaniu działania wiatrów, roztwór staje się coraz bardziej stężonym. Po kolejnym przejściu przez kilka tężni — jest on już na tyle zgęszczony, że opłaca się poddać go wywarzeniu.

W ciepłych krajach nadmorskich, np. na wybrzeżach morza Śródziemnego, otrzymuje się latem sól przez naturalne odparowywanie wody morskiej w ten sposób, że wpuszcza się ją

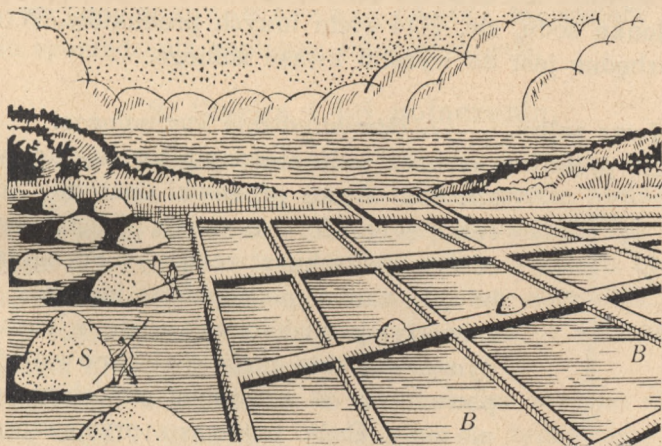


Fig. 72. Tężnice morskie: woda morska, wprowadzona do płytkich i otwartych basenów ziemnych, samorzutnie odparowuje, przez co zagęszcza się aż do wydzielania soli.

do płytkich basenów *B* (Fig. 72), wystawionych na działanie ciepła słonecznego i wiatru. Wiatr, usuwając wytwarzającą się wciąż parę wodną, przyspiesza parowanie. Zamknięta w otwartym basenie woda morska staje się po pewnym czasie nasycona, poczem powoli wydziela osad soli. W ten sposób z 1 m^3 wody morskiej, można otrzymać ok. 20 kg soli. — W krajach północnych przeciwnie mrozi się wodę morską, wystawioną w płytkich basenach na działanie zimna. Wytworzony lód usuwa się w odpowiedniej chwili, pozostały roztwór tężeje coraz bardziej, aż się zeń pocznie wydzielać sól.

Zestawienie: — 1) *Sól kuchenna*, czyli *chlorek sodu* (Na,Cl) wydobywa się: — a) *mechanicznie* wprost z pokładów

solnych, — *b*) przez *krystalizację* z roztworów solnych (solanek, wody morskiej). — 2) Krystalizację prowadzi się: — *a*) przez *odparowywanie naturalne w tężniach*, basenach ziemnych, — *b*) przez *odparowywanie sztuczne w warzelniach*, — *c*) wreszcie przez *wymrażanie*.

4. *Zużytkowanie soli*. — Sól kuchenna jest niezbędną przysprawą zarówno dla ludzi, jak i dla zwierząt domowych np. krów, owiec. Człowiek dorosły spożywa rocznie ok. 7—8 kg soli. Sól zapobiega psuciu się pokarmów, używa się przeto do solenia mięsa, ryb, masła i t. d. — W przemyśle służy sól: do garbowania skór, do wyrobu mydła, do fabrykacji sody zwykłej i sody żrącej (wodorotlenku sodu, str. 71) i wielu innych produktów. W szczególności niezbędna jest do wyrobu kwasu solnego.

2. *Kwas solny*. — 1. *Otrzymywanie kw. solnego*. — Zadajmy w większej próbówce chlorek sodu stężonym kw. siarkowym (p. n. str. 86). Wylot próbówki opatrzymy odwodzącą rurką (Fig. 73), zanurzoną drugim swym końcem w kieliszku z wodą. — Po ogrzaniu próbówki, zanim podstawimy kieliszek z wodą, zauważymy wydobywające się z rurki mgliste dymy. — Jest to gazowy chlorowódór (H, Cl), powodujący w wilgotnem powietrzu powstawanie mgły. Bańki tego gazu, przepuszczone przez wodę, znikają w niej prawie. Świadczy to, że chlorowódór rozpuszcza się w wodzie. Jego rozpuszczalność jest bardzo wielka: 1 *litr* wody rozpuszcza ok. 450 *litrów* chlorowodoru gazowego w zwykłej temperaturze. — Wytworzony roztwór jest kwasem, barwi bowiem lakmus na czerwono, ma smak wybitnie kwaśny, a cynk wywiązuje zeń wodór. — Jest to właśnie kwas chlorowodorowy. Pospolicie zwię się kw. solnym, ponieważ wytwarza się ze zwykłej soli.

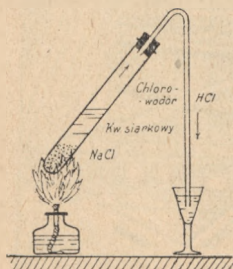


Fig. 73. Chlorowódór: wywiązywanie gazowego chlorowodoru z chlorku sodu.

Po odbytej do końca reakcji z chlorku sodu (Na, Cl) powstaje jeszcze drugi produkt, a mianowicie: w próbówce zamiast zwykłej soli znajduje się siarczan sodu, czyli sodowa sól kw. siarkowego. Stwierdzić to można przez rozpuszczenie zawartości próbówki po reakcji w wodzie i przekrystalizowanie rozpuszczonej w niej soli.

Po odbytej do końca reakcji z chlorku sodu (Na, Cl) powstaje jeszcze drugi produkt, a mianowicie: w próbówce zamiast zwykłej soli znajduje się siarczan sodu, czyli sodowa sól kw. siarkowego. Stwierdzić to można przez rozpuszczenie zawartości próbówki po reakcji w wodzie i przekrystalizowanie rozpuszczonej w niej soli.

Ma ona inną formę kryształów i nie ma smaku słonego. — A więc całość odbytej tu przemiany daje się w krótkości wyrazić tak:



Zestawienie: — 1) *Chlorowódór* (H, Cl) jest gazem obficie rozpuszczającym się w wodzie. — 2) *Roztwór chlorowodoru* w wodzie — jest to *kw. solny*.

2. *Zużytkowanie kw. solnego*. — Kwas solny ma liczne zastosowania w przemyśle. — Używa się go do roztwarzania metali, do oczyszczania metali od rdzy (np. przy lutowaniu), do otrzymywania wolnego pierwiastku chloru Cl . W stanie rozcieńczonego roztworu stosuje się jako lekarstwo. — Liczne jego sole mają również wieloraki użytek, np. chlorek srebra (Ag, Cl), czerniejący na świetle, służy do sporządzania papierów fotograficznych.

2. Siarka i jej połączenia.

1. *Siarka w stanie wolnym*. — 1. *Fizyczne własności siarki*. — Siarka znajduje się w handlu albo w postaci pyłku, zwanego kwiatem siarczanym, albo w łamanych kawałkach lub grubszych pałeczkach. (Pokaż). — Jest to ciało żółte — koloru cytryny, bez zapachu, bez smaku. W wodzie tonie, bo ma cięż. włas. = ok. 2 g. Potarta o suchą flanelę, elektryzuje się, przez co nabiera zdolności przyciągania drobnych skrawków papieru.

1) Ogrzana w próbówce do 114° siarka zaczyna się topić na jasnożółtą ciecz. Ogrzewana wyżej ciecz ta brunatnieje i staje się tak lepka jak miód. Jednocześnie na górnych, zimnych ścianach próbówki pojawiać zaczyna się żółty nalot w postaci pyłku. Jest to właśnie kwiat siarczan y, który powstaje z pary ścinającej się siarki tak, jak para wody zimową porą „ścina się“ na śnieg. Ogrzana jeszcze wyżej, ponad 400° , ciekła siarka staje się znów mniej lepka. Można ją wtedy wylewać. Wylana wprost do zimnej wody (Fig. 71) nie krzepnie, lecz staje się tak miękka i elastyczna, jak kauczuk. Jest to tak zw. siarka plastyczna. Przez ogrzanie do 444° — można siarkę doprowadzić do wrzenia.

2) Gdy stopioną w tyglu siarkę powoli studzimy, powierzchnia cieczy najpierw poczyną krzepnąć. Przebijmy

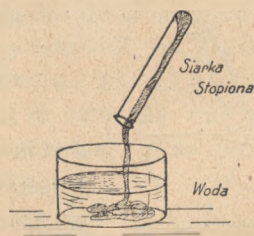


Fig. 74. Siarka plastyczna: powstaje przez nagłe ochłodzenie stopionej i ogrzanej do 400° siarki.

pręcikiem tworzącą się skrzepłą powłokę i zlejmy z wnętrza ciekłą siarkę, która nie zdążyła jeszcze zakrzepnąć. — Po usunięciu górnej warstewki zobaczymy, że wewnątrz tygla wypełnione jest drobnymi igiełkowatymi kryształkami (Fig. 75). Kryształki te, oglądane przez mikroskop, mają postać pryzmatyczną (Fig. 76 a). Stąd ta odmiana siarki zwie się siarką pryzmatyczną.

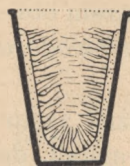


Fig. 75. Siarka pryzmatyczna: powstaje przez krystalizację stygnącego stopu.

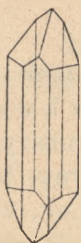


Fig. 76 a. Siarka pryzmatyczna: jej postacią krystaliczną są graniastosłupy skośnie ścięte.



Fig. 76 b. Siarka ostrosłupowa: jej postacią stanowią 2 ostrosłupy o wspólniej podstawie.

3) Skłóćmy w próbówce nieco sproszkowanej siarki z cieczą zwaną dwusiarczkiem węgla. (Pokaż). W dwusiarczku węgla część użytej siarki rozpuści się. Sprawdzamy to przez przesączenie wytworzonego roztworu i odparowanie. Dwusiarczku węgla nie można odparowywać wprost nad płomieniem, gdyż jest to ciecz lotna i palna. Najlepiej ustawić parowniczkę nad parą wrzącej wody, jak imbryk do naparzenia herbaty. — Po odparowaniu rozpuszczalnika, stwierdzamy w mieszkce obecność kryształów siarki. Kryształki te mają inną postać, niż poprzednie, są to ośmiościenne piramidy, niekiedy o ściętych narożach (Fig. 76 b). Przez powolną krystalizację z dwusiarczku węgla można otrzymać je w ładnych, większych okazach. Siarka w tej postaci jest to siarka ostrosłupowa.

Wniosek: — *Siarka krystaliczna* występuje w 2 rodzajach: 1) *Siarka pryzmatyczna* — przez krzepnięcie stopionej siarki. — 2) *Siarka ostrosłupowa* — przy krystalizacji z roztworu siarki w dwusiarczku węgla.

Pytania: — 1) W ilu odmianach występuje siarka? — 2) Czy tworzenie się kwiatu siarczanego można nazwać „przekroplaniem“ siarki? — 3) Jak można sprawdzić, że siarka nie rozpuszcza się w wodzie?

2. *Wydobywanie siarki.* — Siarka w stanie rodzimym występuje w przyrodzie w wielu miejscowościach. W Europie w większej ilości — na Sycylii; w Ameryce — w stanach Luizjany i Teksasu. W Polsce tylko w niewielkich ilościach, np. w Swoszowicach pod Krakowem, w Czarkowej nad Nidą. — Siarka rodzima jest zwykle zmieszana z materiałem skalnym, przeważnie gipsem, iłem i t. d. By siarkę od tych zanieczyszczeń oddzielić, należy ją z nich wytopić.

Wytapianie siarki skutecznia się w tak zw. miele-
rzach (Fig. 77 a). Są to duże kopce, złożone z materiału zawierają-
cego siarkę, na pochyłej podmurówce, otoczone zewnętrzną ścia-
ną w formie kolistej, a przykryte warstwą gliny. W materiale,
wypełniającym wnętrze mielerza, pozostawia się pionowe kanały *K*,
w które wrzuca się na początek rozpalone drzewo, od czego zapala
się siarka. W braku dostatecznego dostępu powietrza, siarka spala
się bardzo powoli i tylko częściowo, tak, że w przeciągu paru ty-
godni spali się z niej ok. $\frac{1}{4}$ całości. Reszta, topiąc się, spływa po
pochyłym dnie mielerza i zbiera się w murowanym zbiorniku *S*.

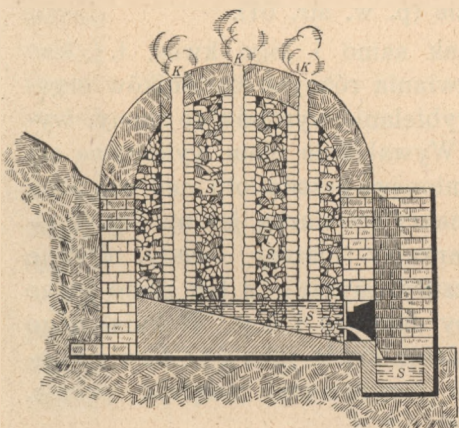


Fig. 77 a. Wytapianie siarki surowej
w miele-
rzach.

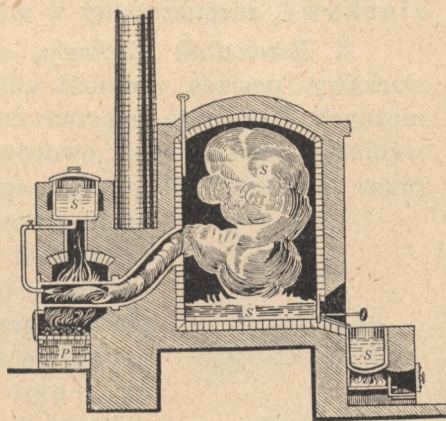


Fig. 77 b. Rafinacja siarki przez dystalację
daje siarkę stopioną oraz kwiat siarczany.

Wytopiona w ten sposób siarka zawiera jeszcze do 2% zanie-
czyszczeń. Chcąc ją zupełnie oczyścić, trzeba ją zamienić na parę,
która przez ochłodzenie częściowo ścina się na kwiat siarkowy,
a częściowo przekrapla się jako ciecz. Operacja ta zwie się rafi-
nacją (Fig. 77 b). — Roczna produkcja siarki na samej tylko Sy-
cyli wynosi ok. 350000 tonn, t. j. 35 000 wagonów.

3. Zużytkowanie siarki. — Zastosowania siarki są bardzo
liczne. — Kwiatu siarczanego używa się jako środka do niszczenia
szkodników roślinnych: np. na drzewach, owocach, w
tytoniu. — Z siarki, saletry i węgla drzewnego, wyrabia się r
strzelniczy (t. zw. dymny). Siarką napawa się (do kilku
tów) surowy kauczuk, by stał się elastycznym (wulkaniz
czuku), lub w większej ilości, by wytworzył się zeń t. z.

używany do różnych wyrobów, np. grzebieni, płyt gramofonowych i t. p. — Siarki używano też dawniej do wyrobu zapalek, t. zw. siarniczek.

Największe jednak zastosowanie ma siarka do wyrobu różnych jej związków, w szczególności do fabrykacji kwasu siarkowego.

2. Kwas siarkawy i siarkowy. — 1. *Kwas siarkawy.* — Siarka *S*, spalając się w powietrzu, tworzy gazowy tlenek, zwany bezwodnikiem siarkawym (p. w. str. 48). Tworzy się on również przy spalaniu związków siarki z metalami, zwanych siarczками (p. n. str. 91). — Bezwodnik ten, łącząc się z wodą, daje kwas siarkawy, rozpuszczalny w wodzie (p. w. str. 51).

2. *Bezwodnik siarkawy*, a tak samo i jego kwas, t. j. kw. siarkawy, posiada zdolność odbarwiania różnych barwników organicznych. Używa się go przeto do wybielania wyrobów ze słomy, wywabiania plam z wina, owoców. Wywabianie plam wykonywa się przez zawieszenie wilgotnego, splamionego przedmiotu nad zapaloną

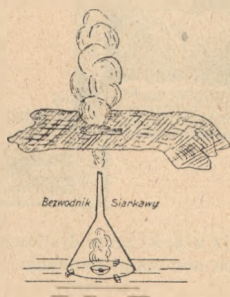


Fig. 78. Bezwodnik siarkawy: niszczy barwiki organiczne, przez co wywabia plamy.

na blaszanej nakrywce siarką, jak np. Fig. 78. — Bezwodnik siarkawy niszczy owady, drobne zwierzęta (szczury, myszy), a tak samo różne pleśnie, grzyby drzewne i t. p. Wskutek tego używa się spalania siarki jako środka odkażającego do oczyszczania wnętrza piwnic, spiżarni, beczek i t. d.

3. Bezwodnik siarkowy. — Oprócz bezwodnika siarkawego, jest jeszcze inny tlenek siarki, który jednak nie powstaje przez bezpośrednie spalanie siarki w powietrzu, albo w czystym tlenie, lecz otrzymuje się przez dalsze utlenienie wytworzonego w pierw bezwodnika siarkawego. Uskutecznia się to przez działanie kwasu azotowego, czego tu wyjaśniać nie będziemy. Wytworzony w ten sposób produkt jest bezbarwnym ciałem stałym. — W porównaniu do bezwodnika siarkawego zawiera on w sobie ilość tlenu $1\frac{1}{2}$ razy większą, czyli sunek tlenu w obu tych bezwodnikach wyraża się liczebnie 3:2. słusznem jest nazywać: bezwodnik siarkowy — trójtlen-
 SO_3 , a bezwodnik siarkawy — dwutlenkiem siarki SO_2 .

Kwas siarkowy. — Bezwodnik siarkowy, łącząc się z wodą, właśnie kwas siarkowy. W stanie czystym jest to ciężki

oleisty płyn bezbarwny. Używaliśmy go do otrzymania wodoru (str. 73), do wytwarzania siarczanów (str. 75), do wywiązywania kw. solnego (str. 82). — Miesza się z wodą w każdym stosunku, tworząc mniej lub więcej rozcieńczony kwas, przyczem wywiązuje się znaczna ilość ciepła. (Pokaż). — Nigdy nie należy dolewać wody do stężonego kw. siarkowego, lecz odwrotnie, bo od rozgrzania się ciecz może gwałtownie zawrzeć i wyprysnąć z naczynia (p. str. 71). — Stężony kw. siarkowy nadzwyczaj silnie działa na różne ciała organiczne. Odciągając z nich pierwiastki wody, zwęgla je. (Próba z kawałkiem cukru). Wskutek tego niszczy tkanki roślinne i zwierzęce, a więc zwęgla skórę, drzewo i t. d. Należy z nim obchodzić się bardzo ostrożnie! Na tej samej własności stęż. kw. siarkowego (pochłaniania wody) opiera się użycie go do suszenia gazów (np. wodoru, p. str. 73). — Pozostawiony w otwartej fiaszce stęż. kw. siarkowy, chłonąc parę wodną z powietrza, staje się powoli rozcieńczonym kwasem.

Zastosowanie. — Przemysł chemiczny potrzebuje bardzo wiele kw. siarkowego, gdyż używa się go przy fabrykacji wielu ważnych produktów chemicznych, jako to: do wyrobu kw. solnego (str. 82), do otrzymywania siarczanów, do czyszczenia nafty, do wyrobu sztucznych nawozów fosforowych (superfosfatów), do parowania: pewnych barwników, ciał wybuchowych, sztucznego jedwabiu i bardzo wielu innych produktów. Jest to jeden z najniezbędniejszych środków chemicznych.

Wnioski: — 1) *Istnieją dwa odmienne tlenki siarki: dwutlenek SO_2 , czyli bezwodnik siarkawy i trójtlenek SO_3 , czyli bezwodnik siarkowy.* — 2) *Ich wodorotlenkami są:*

Bezwodnik siarkawy + woda $\rightarrow$ kw. siarkawy

Bezwodnik siarkowy + woda $\rightarrow$ kw. siarkowy

Pytania: — 1) Czy bezwodnik siarkawy, otrzymany przez bezpośrednie spalanie siarki, może podtrzymywać palenie lub oddychanie? — 2) Spróbować, czy po odparowaniu jego roztworu wodnego — pozostanie na parownicy kw. siarkawy, a jeśli nie, to dlaczego? (P. str. 51). — 3) Sprawdzić zapomocą wagi, czy odtarowana miseczka ze stęż. kw. siarkowym po pewnym czasie przybiera na ciężarze. A jeśli tak, to dlaczego? — 4) Wpuścić pipetą parę kropel stęż. kw. siarkowego na bibułę. Co się stanie i dlaczego? — 5) Zadać opiłki miedziane w próbówce niezbyt stęż. kw. siarkowym i ogrzać nieco. Wywiązujący się gaz nie zapala się. Rozpoznać po zapachu, co to za gaz?

3. Siarczki i siarkowodór. — 1. *Siarczki*. — Przeprowadźmy następujące doświadczenia:

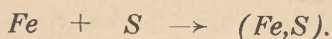
1) Zmieszajmy w próbówce 7 g drobnych opiłków żelaznych Fe z 4 g sproszkowanej siarki S . Wytworzona mieszanina ma wygląd szary; gołym okiem trudno w niej odróżnić siarkę od żelaza. Przez to zmieszanie nie zaszła tu jednak żadna reakcja chemiczna, gdyż zarówno własności siarki, jak i własności żelaza, nie zostały przez to zmieszanie w niczem zmienione.

W istocie spróbujmy w mieszaninę tę, wysypaną z próbówki, zanurzyć końce magnesu, owinięte papierem. Magnes wyciągnie z niej opiłki żelaza, proszek siarki pozostanie niepodjęty. — Spróbujmy następnie mieszaninę tę skłócić w próbówce z dwusiarczkiem węgla (p. str. 84). Siarka rozpuści się w dwusiarczku węgla, a przesączony jej roztwór, po odparowaniu dwusiarczku, pozostawi na miseczce całą ilość (4 g) użytej siarki. — Żelazo i siarka, w powyższy sposób zmieszane razem, nie wytworzyły więc żadnego nowego ciała, nie weszły z sobą w żadne połączenie chemiczne.

2) Gdy jednak mieszaninę tę, umieszczoną w próbówce, ogrzejemy płomieniem od dołu (jak na Fig. 39), wnet rozpocznie się reakcja chemiczna. Zawartość próbówki w miejscu ogrzanem pocznie się żarzyć i żarzenie to będzie posuwać się w górę. Reakcja wydziela więc sama wiele ciepła i ciepłem tem ogrzewa coraz to dalsze części mieszaniny, tak że po rozpoczęciu się reakcji dalszy jej przebieg nie wymaga już ogrzewania lampką.

Po ostygnięciu i rozbiciu próbówki, wydajemy z niej bryłkę spieczoną i brunatną masę. Po jej sproszkowaniu w moździerzu powtarzamy próbę z magnesem: magnes proszku nie podnosi. Skłócamy tenże proszek z dwusiarczkiem węgla: dwusiarczek węgla nie z niego nie rozpuszcza. — Powstało więc nowe ciało, nie mające własności: ani żelaza, ani siarki. Jest to właśnie produkt odbytej reakcji chemicznej: związek siarki z żelazem, czyli siarczek żelaza (Fe, S).

Wnioski: — 1) W produkcie, wytworzonym przez działanie siarki S na żelazo Fe , wszystkie własności wyróżniające wolną siarkę i wolne żelazo znikły. — 2) Produkt ten jest więc połączeniem chemicznym, a nie mieszaniną. — 3) Tworzenie się siarczku żelaza (Fe, S) z siarki i żelaza jest reakcją syntezy (p. str. 42):



3) Tak samo jak z żelazem, siarka łączyć się może z wielu innymi metalami, np. z miedzią Cu , z cynkiem Zn . Wytworzone produkty będą to siarczki odpowiednich metali, a więc: siarczek miedzi (Cu,S), siarczek cynku (Zn,S), i t. d.

Ćwiczenia i pytania: — 1) Sprawdzić, co się stanie, gdy do wytworzenia (Fe,S) przygotujemy mieszaninę, zawierającą albo za dużo Fe , albo za dużo S , a więc w innym stosunku, niż 7 g Fe na 4 g S . — 2) Wykonać doświadczenie z siarką i miedzią, wrzucając ostrożnie do stopionej w próbówce siarki opłki miedziane. — 3) Opisać własności wytworzonego (Cu,S).

2. *Siarkowodór*. — Otrzymany siarczek żelaza (Fe,S) zadajmy w próbówce kwasem, np. kwasem solnym. Zauważymy wywiązywanie się jakiegoś gazu. Gaz ten ma niezwykle przykrą woń, przypominającą zgniłe jaja. Można go u wylotu próbówki zapalić: wtedy wystąpi woń bezwodnika siarkawego. Gaz, wydzielający się z siarczku żelaza działaniem kwasów, jest to siarkowodór, związek składający się z siarki i wodoru (H,S). W próbówce po odbytej reakcji pozostaje roztwór, zawierający sól. Jest to sól żelaza i tego kwasu, który był użyty, a więc w przypadku kwasu solnego: chlorek żelaza.

Siarkowodór jest gazem rozpuszczającym się znacznie w wodzie: w 15° rozpuszcza się 3 litry siarkowodoru w 1 litrze wody. Woda, zawierająca siarkowodór, zwie się wodą siarkowodorową. — W przyrodzie występują często naturalne źródła siarczane, w Polsce np.: w Lubieniu pod Lwowem, w Swoszowicach pod Krakowem, w Busku i Solcu w Kieleckiem. — Mają one wydatną wartość leczniczą. Wielką wziętość mają w Europie źródła siarczane Badenu pod Wiedniem, Tenczynu i Piszczan w Słowacji i w wielu innych krajach. — W powietrzu, zawierającym siarkowodór, metale ulegają zmianie: tworzą się z nich siarczki. Stąd pochodzi czernienie przedmiotów np. z miedzi, srebra, które pod wpływem siarkowodoru pokrywają się czarną powłoką siarczków. — Siarkowodór, wydobywający się z wód siarczanych, w powietrzu ulega powolnemu utlenieniu, przyczem związany w nim wodór zamienia się z tlenem powietrza na parę wodną, a siarka osiada w postaci drobnego proszku (np. w stawku Szkło pod Lwowem). Stąd z biegiem czasu wytworzyć się mogą znaczniejsze osady siarki, np. w Swoszowicach pod Krakowem.

Pytania: — 1) Wypisać słowami reakcje działania: kw. solnego (H,Cl), kw. siarkowego, na siarczek żelaza (Fe,S). — 2) Czy są to reakcje wymiany? — 3) Jak należy postąpić, by sztucznie wytworzyć wodę siarkowodorową?

3. Siarczki naturalne i ich zużytkowanie.

1. Kruszcze, albo rudy. — Tylko niewiele metali występuje w przyrodzie w stanie rodzimym. Tu należą te, na które nie działa ani powietrze ani woda, a więc np. srebro, złoto, platyna. Przeważającą większość metali wydobywa się sztucznie (chemicznie) z ich naturalnych połączeń, zwanych kruszczami lub rudami. Metal w kruszcu znajduje się w stanie chemicznie związanym, najczęściej jako: siarczek, tlenek lub węglan. Kruszcze występują zwykle w postaci żył skalnych (Fig. 79 a), które wytwarzają się w spękaniach i szczelinach pokładów. Kruszcze w żyłach takiej, czyli w „złożu”, znajdują się naj-



Fig. 79 a. Żyły kruszczowe — występują zwykle w spękaniach pokładów, co świadczy o ich późniejszym niż samej skały powstawaniu.



Fig. 79 b. Żyła kruszczowa — wykazuje zwykle dwustronne, warstwowe rozmieszczenie materiału, który ją wypełnia.

częściej wymieszane z bezwartościowym materiałem (Fig. 79 b). Po odpowiednim oczyszczeniu od domieszek, złoża te stanowią materiał do otrzymywania (wytapiania) z nich czystego metalu. — To „wytapianie” metalu z kruszcu, prowadzi się rozmaicie w zależności od rodzaju kruszcu i metalu w nim zawartego.

2. Siarczek żelaza (Fe, S). — Naturalny siarczek żelaza jest to piryt. Występuje on w przyrodzie jako pospolita ruda żelaza. — Spotyka się często w pokładach węgla kamiennego, gdzie tworzy w nim błyszczące skupienia drobnych blaszkowatych kryształów, barwą przypominających odczyszczony mosiądz. (Pokaz). — Przy prażeniu w przystępie powietrza utlenia się, wytwarzając bezwodnik siar-

kawy i czerwony tlenek żelaza. — Sprawdzić to łatwo w otwartej rurce szklanej (Fig. 80), w której nad sproszkowanym i ogrzanym pirytem — przepływa powietrze. Bezwodnik siarkawy jako gaz uchodzi, w rurce wytwarza się tlenek żelaza (Fe, O).

W ten sposób, a nie ze spalania czystej siarki, — co byłoby niekorzystne, — otrzymuje się w fabrykach kwasu siarkowego bezwodnik siarkawy, a powstały na rusztach tlenek żelaza, zużytkowuje się w hutach do wyrobu żelaza (p. str. 94). — Piryt służy więc do wyrobu k w. siarkowego a także żelaza. — W Polsce występuje piryt, oraz inne rudy, przeważnie na Śląsku i w Krakowskiem.

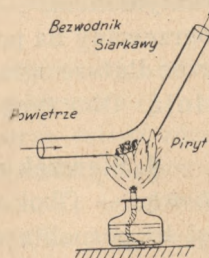


Fig. 80. Siarczek żelaza (piryt) przez prażenie w strumieniu powietrza przechodzi w tlenek (Fe, O) i wytwarza bezwodnik siarkawy (SO_2).

3. Siarczek ołowiu (Pb, S), jako minerał nosi nazwę galeny. (Pokaż). Jest to najpospolitsza ruda ołowiana.

Ołów metaliczny wytapia się z galeny przez prażenie w dostępie powietrza w obecności węgla. Sprawdza to następujące doświadczenie.

Na większym kawałku węgla drzewnego umieszczamy trochę sproszkowanego galenitu i skierowujemy nań zapomocą dmuchawki płomień obok stojącej lampki (Fig. 81). Siarczek ołowiu pod wpływem wysokiej temperatury płomienia rozkłada się z wydzielaniem srebrzystej, stopionej kulki ołowiu. — Przemiana, która tu zachodzi, polega: — 1) na początkowym utlenieniu obu składników galeny, a więc wytworzeniu się tlenku ołowiu (Pb, O) i dwutlenku siarki SO_2 , — 2) następnie na reakcji odtlenienia wytworzonego poprzednio tlenku ołowiu (Pb, O) zapomocą węgla C :

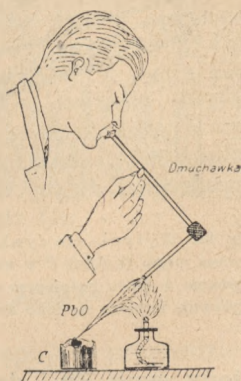


Fig. 81. Wytapianie ołowiu Pb z siarczku (Pb, S) przez ogrzewanie na węglu przy pomocy dmuchawki.



Fabryczne wytapianie ołowiu z galenitu opiera się właśnie na tej zasadzie.

Metaliczny ołów. (Pokaż). — Jest to metal, mający wielorakie zastosowanie, ze względu na: ciężkość (c. wł. = 11.3 g), miękkość, oraz stosunkowo znaczną odporność na działanie powietrza i wody. —

Wyrabia się zeń: pociski karabinowe, śrut, uszczelniacze, rury zlewowe, a także czcionki drukarskie. Te ostatnie ze stopu ołowiu z antymonem. — Ołów topi się w temperaturze 325°C . — Stopiony i ogrzewany na powietrzu, daje żółty tlenek (Pb_2O), zwany glejtą. Przez dłuższe ogrzewanie powstaje zeń czerwony tlenek Pb_3O_4 , zwany minją. Obu tych tlenków używa się do wyrobu farb pokostowych.

4. Siarczek cynku (Zn_2S) — jako minerał zwany blendą cynkową. — Obok galmamu (mieszaniny węglanu i siarczku cynku) jest to pospolita ruda cynkowa. W Polsce występują te rudy w bardzo znacznych ilościach: na Górnym Śląsku, w Sierszy w Krakowskim i koło Olkusza.

Wytapianie cynku z jego rudy siarczanej, odbywa się na zasadzie podobnych przemian chemicznych, co i otrzymywanie ołowiu, t. j. — 1) przez prażenie w dostępie powietrza, — 2) i następne ogrzewanie z węglem. — To ogrzewanie wytworzonego w pierw tlenku cynku (Zn_2O) z węglem C

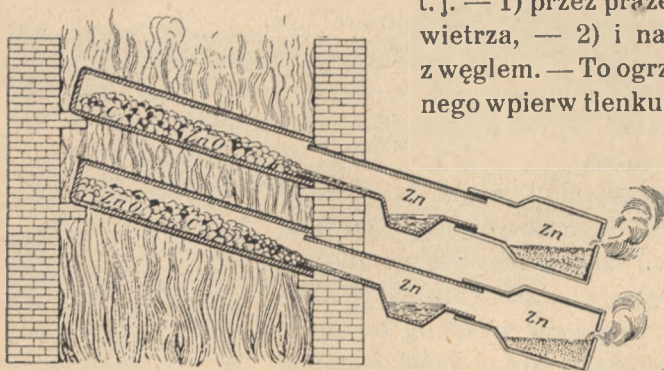


Fig. 82. Wytapianie cynku w hutach: Z tlenku cynku (Zn_2O) działaniem węgla (koks) C w walcowatych retortach kamiennych — przez ich ogrzanie w piecu hutniczym — wytwarza się wolny cynk Zn, który przedystylowuje i zbiera się jako stop i pył. Jednocześnie uchodzi gazowy tlenek węgla (C, O).

gł. C przeprowadza się w podłużnych walcowatych kamionkowych retortach (Fig. 82). Są one opatrzone odbieralnikami, w których u wylotu zewnętrznego retorty zbiera się stop

iony cynk Zn i dalej — ochłodzone pary cynku w postaci pyłu.

Metaliczny cynk — jest w zwykłej temperaturze kruchy. (Pokaz). Powyżej 100 do 150° — staje się kowalny, topi się ok. 420° . — Służy do wyrobu: blach na dachy, rynny, wanny oraz do cynkowania wyrobów żelaznych (np. drutu) dla ochrony od rdzy. Wprawdzie sam cynk w powietrzu rdzewieje, ale powstała na jego powierzchni cienka warstewka tlenku (Zn_2O) przywiera mocno do metalu, przez co chroni całość od dalszego rdzewienia. — Tlenku cynku (Zn_2O) używa się też do wyrobu białej farby, zwanej bielą cynkową.

5. Siarczek miedzi (Cu,S) w związku z siarczkiem żelaza (Fe,S) tworzy minerał zwany chalkopirytem. Chalkopiryt jest najważniejszą rudą, z której wytapia się metaliczna miedź. W niewielkiej ilości rudy miedziane znajdują się też i w Polsce, np. „Góra Miedziana” pod Kielcami.

Metaliczna miedź — jest metalem barwy czerwonej, łatwo kowalnym na zimno, doskonale przewodzącym elektryczność. Jej ciężar wł. = 8.9 g ; topi się ok. 1080° . — W powietrzu miedź rdzewieje a także śniedzieje. Widać to na starych miedzianych pozieleńniętych dachach kościołów, np. św. Anny w Krakowie. To śniedzenie miedzi pochodzi od działania nań wody i bezwodnika węglowego zawartego w powietrzu. — Miedź jest metalem, który po żelazie, ma największe zastosowanie. Używa się jej przede wszystkim do budowy różnych elektrycznych maszyn oraz przewodów, a także do wyrobu wielu naczyń i aparatów fabrycznych, np. kotłów, rur i t. d.

Związki miedzi — są przeważnie zabarwione na zielono lub niebiesko, np. siarczan miedzi. — Mają one również liczne zastosowania. Wszystkie są trujące. Dlatego też do sporządzania potraw (szczególniej kwaśnych) nie można używać naczyń miedzianych niepobielanych, t. j. niepokrytych od wewnątrz warstwą cyny.

Pytania: — 1) Jakim przemianom poddać należy siarczek cynku, by zeń wytopić metal i w jakiej temperaturze? — 2) Co się staje z siarką przy prażeniu siarczków metali? — 3) Jakie zastosowanie ma tlenek żelaza (Fe,O), powstały z prażenia pirytu (Fe,S)? — 4) W jakiej temperaturze cynk staje się kowalny? — 5) Od czego pochodzi trujące działanie potraw, sporządzanych w niepobielanych naczyniach miedzianych? — 6) W jakich temperaturach topią się metale: ołów Pb , cynk Zn , miedź Cu .

4. Rudy żelazne. — Fabrykacja żelaza.

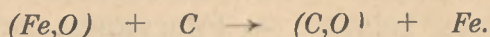
1. Rudy żelaza. — Żelazo rodzime nie występuje w przyrodzie, gdyż jak wiemy (str. 31) w powietrzu, szczególnie wilgotnem rdzewieje. Liczne natomiast i niezmiernie rozpowszechnione są jego rozmaite rudy, jako to: siarczki, tlenki, wodorotlenki i węglany żelaza. — W postaci tych rud żelazo Fe jest najbardziej rozpowszechnionym po glinie Al metalem skorupy ziemskiej. Rudy żelaza występują: 1) w formie zwartych żył i złóż żelazistych, 2) w stanie rozsiałym, przenikającym materiał skały, w szczególności obficie w pewnych gatunkach gleb, np. torfiastych, przez co na-

dają im nieraz zabarwienie brunatne. — Najbardziej cennymi rudami żelaza są rudy: — 1) pirytowe, t. j. złożone z siarczków żelaza (p. w. str. 90), — 2) tlenowe, złożone z różnych tlenków lub wodorotlenków żelaza, a mianowicie: magnetytowe, złożone z magnetycznego tlenku Fe_3O_4 ; hematytowe — z czerwonego tlenku Fe_2O_3 , limonitowe — z brunatnych tlenków FeO i wodorotlenków żelaza; 3) syderytowe, złożone z węglanów żelaza.

Złoża tych rud w ogromnych nieraz ilościach występują we wszystkich częściach świata. W Europie najcenniejsze złoża magnetytowe są w Rosji, Norwegji, Szwecji; hematytowe — w Anglii, Francji, Niemczech, Hiszpanji. — W Polsce mamy użytkowane rudy limonitowe i syderytowe w Kieleckiem i w zagłębiu dąbrowskiem.

Cechą wyróżniającą rudy żelaza jest t. zw. rysa, t. j. ślad, jaki pozostawia po sobie minerał, potarty o szorstką, białą powierzchnię, np. o kawałek niepolewanej porcelany. Rysy rud żelaza wykazują zabarwienia rozmaite: brunatno-żółte (limonit), brunatne (syderyt), czerwone (hematyt), czarne (magnetyt).

Wytapianie żelaza z rudy opiera się na zasadzie, którą wyjaśnia następujące doświadczenie. — Umieśćmy w zagłębieniu kawałka węgla drzewnego (jak uprzednio na Fig. 81, str. 91), trochę sproszkowanej rudy żelaza, zmieszanej ze sproszkowanym węglem, i ogrzejmy ją mocno płomieniem dmuchawki. Po wypaleniu znajdziemy szarą grudkę metaliczną, która w przeciwieństwie do pierwotnej rudy daje się na kowadło klepać, której rysa nie jest czerwona, a opiłki z pod pilnika są srebrzystobiałe. Jest to metaliczne żelazo. — Reakcja, która tu zachodzi, jest reakcją odtlenienia, taką samą jak opisane (str. 91) działanie węgla na tlenek ołowiu. A więc:



2. Żelazo surowe. — 1. *Zasada wyrobu surowca.* — Fabryczne otrzymywanie żelaza opiera się na powyższej przemianie, t. j. na odtlenieniu tlenków żelaza działaniem rozżarzonego węgla (koks, p. n. str. 95). — Wytapianie żelaza przeprowadza się w ogromnych pionowych piecach, zwanych „wielkimi piecami“. Fig. 83 wyobraża wielki piec w przekroju. Fig. 84 daje wygląd zewnętrzny fabryki, złożonej z 3 takich pieców *W*, wraz z licznymi kolumnami *K*, przeznaczonemi do wykorzystania ciepła uchodzących z pieca gazów oraz do ich oczyszczania.

2. *Przygotowywanie materiału.* — Ruda, z której ma być wytopione żelazo, musi być wpięrw oczyszczona od ziemistych, nieproduktywnych części złoża, z którego była wydobyta. Następnie skruszona, przemyta wodą i wyprazona (dla usunięcia wilgoci). Mimo to zawiera ona jeszcze pewne nieproduktywne składniki, które wytopione w piecu żelazo mogą zanieczyścić. Usuwa się je w samym piecu w ten sposób, że do rudy dodaje się pewne składniki, zwane topnikami. Topniki z nieproduktywnym ziemistym materiałem rudy stapiają się na produkt, zwany żużlem, lub szlaką. Stopiony

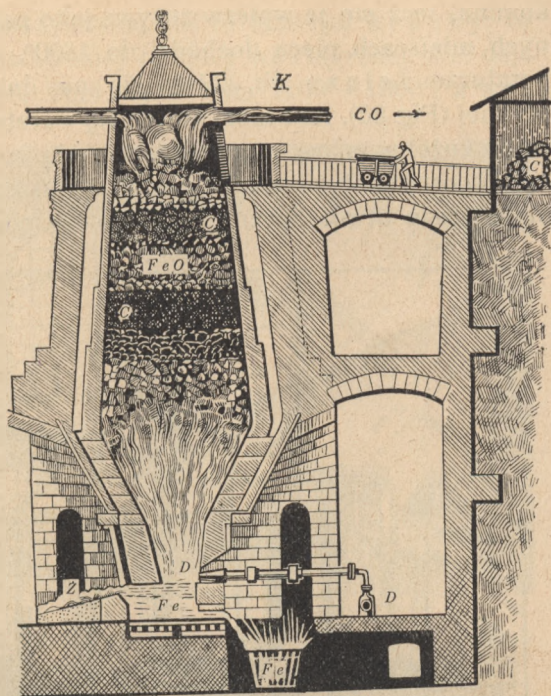


Fig. 83. Wytapianie surowego żelaza Fe w wielkim piecu. — Działaniem węgla C (koku) na rudę żelaza (FeO) w temp. ok. 1500° powstaje Fe i tlenek węgla CO . Rura D — to dysza do wdmuchiwania powietrza, Z — żużel, odpływający górą, Fe — wytopiony surowiec żelaza, K — rury, odprowadzające gazy do kondensatorów i podgrzewaczy.

żużel, jako lżejszy, zbiera się w dolnej części pieca nad płynnym żelazem, a wypuszczony z pieca zastyga jako ciemna, szklista masa.

3. *Piec wielki i jego działanie.* — Piec wielki (Fig. 83) zbudowany jest z ogniotrwałego materiału w postaci wysokiego na 20—30 m, a szerokiego na 7—10 m stożkowego komina, rozszerzonego w części środkowej. Przez jego górny wylot, opatrzone zasuwami, wsypuje się kolejno warstwy rudy i koksu. Z boku u góry wylot pieca złączony jest z szeroką rurą odprowadzającą gazy. Gorące gazy piecowe rurą tą uchodzą do podgrzewaczy. Podgrzewacze mają za zadanie ogrzewać powietrze, wdmuchiwane kompresorami od dołu do pieca przez otwory zwane dyszami D . Ponieważ gazy te są gazami palnymi, przeto nie wypuszcza się ich wprost do

komina, lecz się je wprawdzie zużywa jako paliwo. Temperatura w pewnych miejscach pieca dochodzi do 1800° . — Wytopione, w tej temperaturze żelazo Fe , zbiera się na dnie pieca, w postaci ognio-płynnej (Fig. 83). Nad nim zbiera się warstwa stopionego żużla. Stopiony żużel w miarę nagromadzenia się spuszcza się z dna pieca górnym bocznym otworem. Tak samo odpuszcza się i stopione żelazo, dla którego otwór boczny znajduje się poniżej otworu dla żużla. —

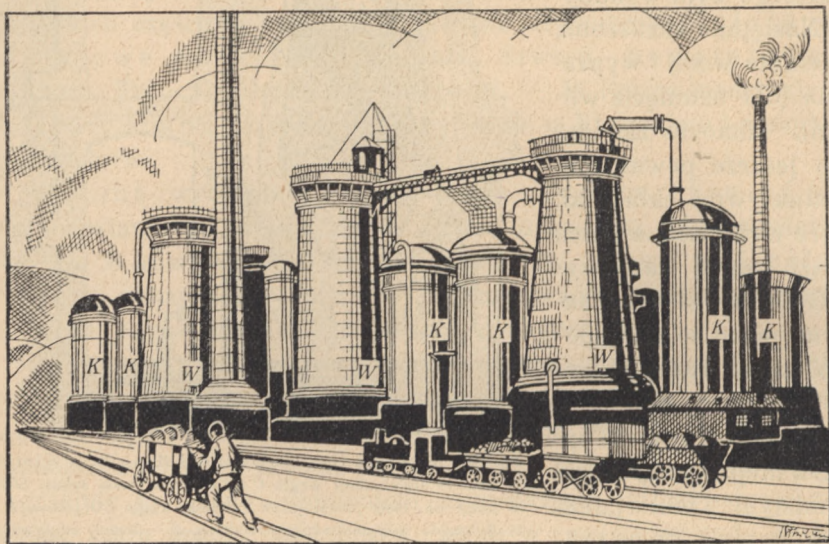


Fig. 84. Huta żelazna. — Ogólny widok wielkiej huty o 3 „wielkich piecach“ W i licznych podgrzewaczach K , w których gazy uchodzące z pieców spalają się i ogrzewają wtłaczane do pieców powietrze.

Zarówno żelazo, jak i żużel, wypływają z pieca w postaci ognio-płynnej masy, olśniewającego blasku (Fig. 85). — Piec, raz wpuszczony w ruch, pozostaje czynny dzień i noc, w przeciągu 4—6 lat, t. j. tak długo, aż się nie przepali. — Rycina 84 przedstawia wygląd wielkiej huty żelaza, złożonej z kilku pieców. Huty takie w Polsce znajdują się w zagłębiu węglowym Śląska i Dąbrowy.

4. Własności surowego żelaza. — Produkt wytopiony w wielkim piecu, nie jest jeszcze czystym żelazem, zawiera w sobie bowiem drobne domieszki: krzemu Si , fosforu P , siarki S , manganu Mn i t. d., a przede wszystkim dość znaczną ilość węgla C ($2.5-5\%$). Jest to więc żelazo surowe, zwane poprostu surowcem. Wskutek tych wszystkich domieszek, surowiec ma inne własności niż czyste

żelazo (p. n. str. 99). Przedewszystkiem jest to materiał kruchy, co pochodzi od jego drobno-krystalicznej budowy wewnętrznej. Nie daje się przeto kuć, ani wyciągać. Topi się w tem. 1100° — 1300° , a więc o paręset stopni niższej, niż czyste żelazo (ok. 1550°). — W zależności od jakości i ilości domieszek rozróżniamy dwa typy surowca: surowiec szary i surowiec biały.

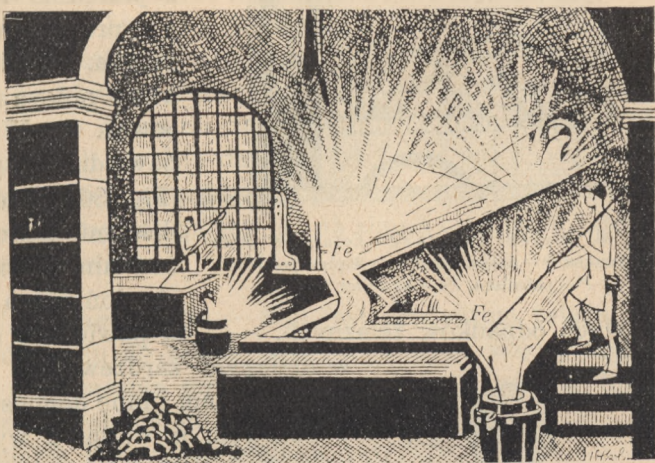


Fig. 85. Odpuszczanie wytopionego surowca z wielkiego pieca.

1) Surowiec biały, t.j. w przełomie ukazujący barwę białą, jest twardszy od szarego surowca, nie daje się ani kuć, ani obrabiać pilnikiem, ani toczyć. Jest niezdatny do odlewów. Topi się zwyż 1100° . — Służy głównie do następnej przeróbki, na żelazo kowalne lub stal (p. n. str. 98—100).

2) Surowiec szary topi się zwyż 1200° . Odznacza się tem, że w stanie płynnym może dokładnie wypełniać formy (z piasku), w które się wylewa. Stąd nosi nazwę żelaza lejnego. Aczkolwiek jest kruchy, daje się z łatwością obrabiać pilnikiem, świdrem, można go toczyć i t. p. Wskutek tych własności służy do odlewania przeróżnych przedmiotów: naczyń kuchennych, retort, słupów, pieców, rur, sztelaży, ram i t. p.

Oba rodzaje surowca nie nadają się przeto do wyrobu przedmiotów, które muszą być: — 1) wytrzymałe na uderzenia, jak przeróżne narzędzia (młoty, siekiery, gwoździe i t. d.), — 2) odpowiednio elastyczne, jak osie, resory, sprężyny, szyny i t. d., — 3) lub bardzo twarde, jak ostrza noży, pilników i t. d. — By taki materiał z surowego żelaza uzyskać, należy surowiec przerobić raz jeszcze: albo na żelazo kowalne, albo na stal.

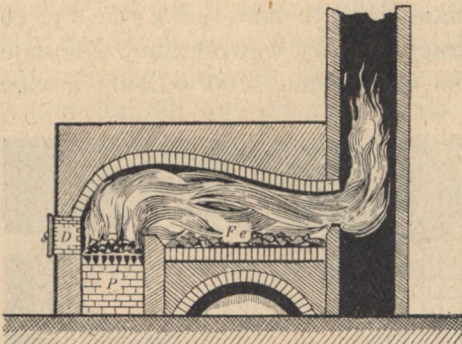


Fig. 86. Wyrób kowalnego żelaza w piecu pudlarskim D — dysza, regulująca dopływ powietrza, P — palenisko, Fe — surowiec żelaza.

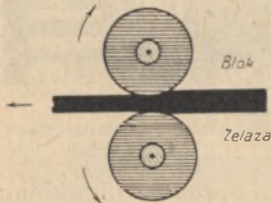


Fig. 87. Działanie walców: Blok rozżarzonego żelaza, przechodząc pomiędzy 2-kolistymi walcami, zostaje sprasowany.

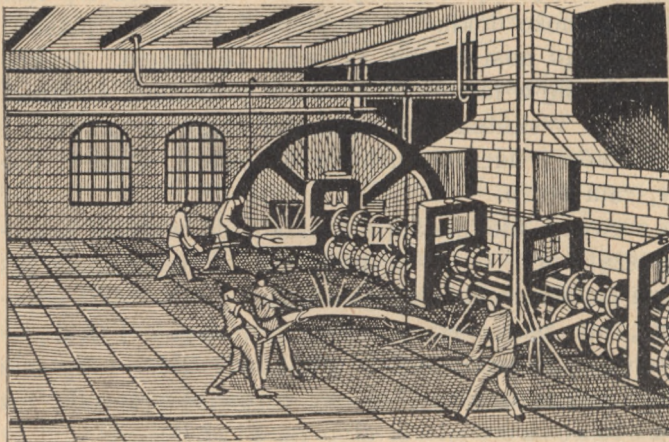


Fig. 88. Walcowanie żelaza. — Ogólny widok walcowni.

3. Żelazo kowalne. — 1. Otrzymywanie. — Żelazo kowalne jest materiałem, który otrzymuje się z przeróbki surowca białego, przez t.zw. proces świeżenia, czyli pudlowania, który polega na odwęglaniu surowca. — W tym celu w odpowiednich płaskich piecach (Fig. 86) poddaje się surowiec działaniu tlenu, przepływającego nad nim powietrza, oraz dodaje się doń nieco wapna i zerdzewiałych odpadków żelaznych. — Tlen powietrza, oraz tlen zawarty w dodanem zardzewiałem żelazie — spala węgiel, krzem i inne domieszki, znajdujące się w surowcu, a wapno z wytworzonymi tlenkami tych domieszek tworzy łatwo topliwą żużel. Zawartość pieca od czasu do czasu miesza się grubemi drągami z czystego żelaza. Proces pudlowania jest skończony, gdy stopiona masa staje się gęstą, jak ciasto.

Otrzymany stąd materiał poddany zostaje przewalcowaniu na gorąco na różnego kształtu listwy, pręty i t. p. (Fig. 87 i 88). W tej postaci stanowią gotowy produkt handlowy.

2. Własności żelaza czystego. — Żelazo kowalne jest to produkt, składający się pra-

wie z czystego *Fe* z nieznaczną domieszką węgla: $C = 0.1 - 0.2\%$. Im żelazo jest czystsze, tem jest miększe: rysuje go surowiec i stal.

Żelazo jest metalem szarym o cięż. gat. = 7.8 g . Topi się ok. 1550° . Ogrzane powyżej 800° (temp. czerw. żaru) daje się skuwać (szwajkować) i walcować. Jest więc kowalny. Można zeń nawet na zimno wyciągać druty, jest więc ciągliwe. — Pod wpływem prądu elektrycznego magnetyzuje się, lecz po przerwaniu prądu traci tę właściwość. Stąd ma ogromne zastosowanie w budowie maszyn i motorów elektrycznych. — Nie daje się hartować (p. n. str. 100).

Chemiczne własności poznaliśmy poprzednio (p. str. 31, 42, 50). Jest to metal nieszlachetny, ulegający już na zimno utlenianiu, szczególnie w wilgotnem powietrzu.

4. Stal. — 1. *Otrzymywanie*. — Stal jest produktem żelaza, zawierającym w porównaniu do żelaza kowalnego nieco więcej węgla: $C = 0.2 - 1.5\%$, ale znacznie mniej, niż surowiec (p. w. str. 96). — Materiałem do otrzymywania stali jest również „surowiec“ (biały). Fabrykacja stali ze surowca polega na częściowem (niezupełnem) odwęgleniu, t. j. częściowem spalaniu zawartego w surowcu węgla *C*, a także na spalaniu i innych zawartych w nim domieszek: krzemu *Si*, fosforu *P*, siarki *S*. Do tego celu służą ogromne obracalne retorty, zwane konwertorami (system Bessemera). Fig. 89 wyobraża konwertor taki w działaniu. Powietrze, włączane pod ciśnieniem kilku atmosfer przez otwory *D* w dnie konwertora, przechodzi przez stopioną masę surowca *Fe*, przez co spala wszystkie zawarte w nim domieszki. Z wylotu retorty bucha ogromny płomień, a z wnętrza wydobywa się potężny huk. W ciągu kilkunastu minut proces zupełnego odwęglania jest skończony: z surowca powstało żelazo. — By go przemienić na stal, o żądanej zawartości węgla $C = 0.2 - 1.5\%$, wprowadza się wtedy do stopionej masy zgóry obliczoną ilość węgla, a także pewne inne domieszki np. mangan, chrom, nikiel i t. d., wytwarzające specjalne

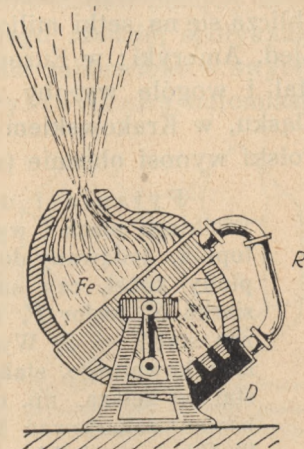


Fig. 89. Wyrób stali metodą Bessemera. — Powietrze, włączane — przez rurę *R* i dyszę *D* — do roztopionego surowca *Fe*, spala zawarte w nim domieszki. Utworzoną płynną stal odlewa się obrotem „konwertora“ dokola osi *O*.

gatunki stali. — Po kilku dalszych minutach, obracając konwertor wylotem ku dołowi, wylewa się zeń gotową już stal do wyrobionych z piasku form. Rozżarzone jeszcze bloki stali zostają następnie odrazu przewalcowane (Fig. 88) i przerabiane na szyny, dźwigary, rury i t. p. „formowane“ wyroby. — W ciągu ok. 1 godz. można metodą tą otrzymać z jednego konwertora do 25.000 kg stali.

2. *Własności stali.* — W zależności od zawartości węgla, oraz innych domieszek, własności stali mogą być bardzo rozmaite. W porównaniu do żelaza kowalnego, stal jest produktem: bardziej twardym, bardziej elastycznym, bardziej wytrzymałym. Po namagniesowaniu, zachowuje siłę magnetyczną. Rozgrzana do czerwoności (700—900°) i raptownie ochłodzona przez zanurzenie w ciecz (wodę, oliwę) hartuje się, t. j. staje się jeszcze bardziej twardą. Stal topi się ok. 1350—1400°, a więc o 200—250° wyżej od surowca, a niżej o 150—200° od czystego żelaza.

3. *Produkcja żelaza i stali.* — Światowa produkcja żelaza i stali oblicza się na setki milionów tonn. Najwięcej stali wyrabia się w St. Zjed. Ameryki; w Europie: w Anglii, Niemczech i Francji. W Polsce stal i wogóle wyroby żelazne produkują się głównie na Górnym Śląsku, w Krakowskim i byłej Kongresówce. — Roczna produkcja Polski wynosi obecnie (surowca i stali razem) zwyż 1 000 000 tonn.

Pytania i doświadczenia: — 1) Narysować przekrój wielkiego pieca i wyjaśnić jego części i działanie. — 2) Co to jest topnik, dodawany do rudy żelaznej? — 3) Co jest lżejsze, czy stopiony żużel, czy surowiec żelaza? — 4) W co się zamieniają: siarka *S*, fosfor *P*, krzem *Si*, zawarte w surowcu, przy wyrobie zeń stali? — 5) Wymienić różnice we własnościach: surowca, żelaza kowalnego, stali. — 6) Czy zapomocą zgięcia można odróżnić stal od żelaza, np. na kawałku drutu, na gwoździu? — 7) Spróbować zahartować kawałek drutu i osądzić, czy jest ze stali. — 8) Uderzyć młotkiem kawałek starego garnka żelaznego, a z wyniku osądzić, jaki to był materiał. — 9) Spróbować ostrzem pilnika zarysować: szkło, surowiec, blachę żelazną, stalowy scyzoryk. Osądzić twardość tych materiałów. — 10) Odhartować stary pilnik (jak?). — 11) Od czego zależy twardość stali?

5. Kwarzec.

1. *Krzemionka.* — 1. *Własności i skład krzemionki.* — Po kamienistych polach pewnych okolic spotkać można często szare bulaste kamienie, z których przez rozbicie wyłupywać się dają ciemnoszare kawałki, o ostrych krawędziach. Jest to krzemień. (Pokaż). —

Z krzemienia człowiek przedhistoryczny wyrabiał najprostsze narzędzia i ozdoby: młotki, siekierki, strzały, świdry i t. p. Krzemień jest bowiem materiałem bardzo twardym: żelazo go nie rysuje, a hartowna stal bardzo trudno. (Próba). Przez raptowne, mocne uderzenie kawałkiem żelaza o kant krzemienia, sypią się iskry. Są to drobne, rozżarzone cząstki żelaza. (Pokaz). Stąd krzemieni używano pospolicie jeszcze doniedawna, przed wynalezieniem zapalek (p. w. str. 86), do rozniecania ognia (krzesiwka krzemienne). — Krzemień nie popuszcza się w wodzie. Kwasy nań nie działają. (Próba). Analiza chemiczna wykazuje, że materiał krzemienia stanowi tlenek pewnego pierwiastka, zwanego krzemem Si , a mianowicie jest to dwutlenek krzemu (SiO_2), czyli bezwodnik kwasu krzemowego, zwany pospolicie krzemionką.

1. *Odmiany krzemionki.* — Krzemień jest jedną z naturalnych odmian krzemionki, a mianowicie odmianą bezpostaciową, albowiem, oglądany przez mikroskop, nie wykazuje śladów budowy krystalicznej. Tak samo bezpostaciowemi są jego rzadziej spotykane odmiany: agat, jaspis, chalcedon, pięknie zabarwione w swych odszlifowanych przekrojach. (Pokaz). — Krystaliczną natomiast odmianą krzemionki jest kryształ górski i zwykły piasek. Kryształ górski spotyka się nierzadko w pięknych, dużych, a nawet bardzo dużych odrębnych kryształach (Fig. 90 i 91). Piasek natomiast występuje zwykle w postaci okrągławych ziarenek. Kwarzec bowiem, z którego wytworzył się piasek, znajdował się pierwotnie — obok innych składników — w zwartym materiale pewnych skał, np. granitu (Fig. 105), w postaci odrębnych, bezbarwnych kryształków. Po skruszeniu skały i rozpadnięciu się na odrębne minerały, kwarzec, jako materiał nie ulegający działaniu wody i powietrza, tylko mechanicznie mógł być zmieniony. Unoszony prądem wód (w potokach i rzekach), oraz przesiewany wiatrami (na wydmach i pustyniach) — ścierał się i kruszył na coraz to drobniejsze ziarna.

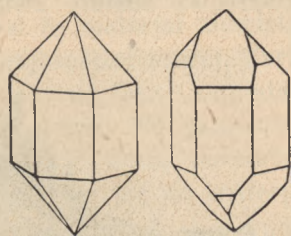


Fig. 90. Kwarzec: pojedyncze kryształy kwarcu mają postać szesciobocznych graniastosłupów, zakończonych ostrosłupami.

3. *Występowanie w przyrodzie.* — Oprócz sypkiego piasku, zalegającego na ogromnych przestrzeniach pustynie Sahary, Arabji, Mongolji i t. d., tworzącego łóżyska potężnych rzek, dna przybrzeżnych części mórz, wchodzącego w skład każdej prawie gleby

(p. „Gleba“) — występują w przyrodzie liczne zwarte skały, zawierające kwarciec, albo w pierwotnej niezmienionej postaci krystalicznej (granity, porfiry i t. d., p. str. 115 i n.), albo w postaci wtórnej, o mniej



Fig. 91. Kwarciec w skupieniu dużych swobodnie wykształconych kryształów.



Fig. 92. Piaskowiec, widziany pod mikroskopem: przezroczyste okruchy kryształów — to kwarciec, szara pozostałość — to bezpostaciowe lepiszcze.

lub więcej pokruszonych ziarnach kwarcowych. — Są to kwarcowe skały zwane zlepieńcami i piaskowcami. Skały te powstały z kwarcu, jako głównego materiału, oraz lepiszcza, którym ziarna kwarcowe zostały związane w zwartą skałę (Fig. 92). Wytworzyły



Fig. 93. Kamieniołom piaskowca w Skolem: warstwy piaskowca tego tworzą potężne płyty, dochodzące do 6 m miąższości; przedzielane cienkimi warstwami ilów.

się one na dnie mórz z materiału znoszonego wodą, a powstałego z rozkładu dawniejszych pierwotnych skał, jakimi są np. krystaliczne: granity, porfiry i t. d. (p. str. 118). Wydźwignięte następnie wraz

z ładami z dna mórz, te piaskowcowe skały uległy wraz z innymi późniejszym potężnym sfałdowaniom. Stąd powstały łańcuchy górskie. Przykład stanowią Karpaty, składające się przeważnie z piaskowców.

4. *Zużytkowanie.* — Piaskowiec jest materiałem, mającym liczne zastosowanie w budownictwie. Kamieniołomy twardego piaskowca (Fig. 93) dostarczają szutru na drogi bite oraz kamienia ciosowego na budowlę. — Piasek służy do wyrobu: zaprawy murarskiej (str. 113), betonu, oraz do fabrykacji szkła.

2. Połączenia krzemionki. — 1. *Glinokrzemiany*. — Oprócz wolnej krzemionki, występują w przyrodzie w ogromnych ilościach liczne jej połączenia. Są to przeważnie związki krzemionki z tlenkami różnych metali. Najbardziej rozpowszechnionymi są połączenia, zawierające glin *Al*, czyli tak zw. *glinokrzemiany*. — Skład glinokrzemianów stanowią nadto, obok krzemionki i glinu, najczęściej: składniki wody, sód *Na*, potas *K*, wapń *Ca*. — Do glinokrzemianów należą różne minerały, stanowiące skład skał t. zw. pierwotnych (p.n.str.118), a więc np. skaleń, łyszczyk (Fig. 106) i t. d., oraz różne gliny, z tych minerałów powstałe.

2. *Glina*. — W zależności od pochodzenia i domieszek są rozmaite rodzaje gliny. Naogół surowa glina jest to materiał ziemisty, miękki, wchłaniający w siebie wodę, barwy najczęściej szarej. Zarobiona wodą, zamienia się na ciasto, które daje się łatwo ugniatać. (Pokaż). Jest więc materiałem plastycznym. W powietrzu w miarę wysychania twardnieje, a zmieszana z wodą ponownie pęcznieje. — Po wypaleniu w piecu, glina zamienia się na materiał twardy, kruchy, który po skruszeniu i powtórnem zarobieniu wodą, nie wytwarza zpowrotem plastycznej masy.

3. *Wyroby gliniane. — Porcelana.* — Dzięki powyższym własnościom glina ma obszerne zastosowanie, a mianowicie: do wyrobu naczyń glinianych, cegieł, dachówek. Wypalona czysta glina jest jednak materiałem porowatym, a więc przepuszczającym wodę. By tę porowatość materiału usunąć, a przedmiot gliniany zrobić nieprzepuszczalnym dla wody, ściany jego pokrywa się cienką warstewką t. zw. polewy (glazury). Materiał polewy może być bardzo rozmaity. Chodzi o to, by podczas wypalania glinianego naczynia materiał ten stopił się na szklistą powłokę. Polewa taka tworzy się np. ze sproszkowanego piasku i różnych metalicznych tlenków, np. tlenków ołowiu, cynku.

Barwa i własności wypalonych z gliny przedmiotów zależą od rodzaju gliny. — Do prostych garncarskich wyrobów może być użyta zwykła glina, dobrze wypłókana. Po wypaleniu jest ona żółtawa lub czerwona, co pochodzi od tlenku żelaza. — Wyroby fajansowe otrzymuje się z glinki czystszej, wypalającej się na biało. — Do wyrobów porcelanowych używa się najczystszej gliny, zwanej kaolinem, albo glinką porcelanową. Jest to czysty glinokrzemian. Kaolin wypala się na biało. Jest to glinka najbardziej ogniotrwała, gdyż nie topi się nawet w temperaturze 2000°. — W przeciwieństwie do zwykłych glin, glinka porcelanowa jest materiałem spotykanym dość rzadko. — Wyroby porcelanowe znane były w Chinach oddawna, w Europie wyrób porcelany datuje się dopiero z początkiem XVIII w. (Saksonja, Francja).

3. Szkło. — Jest to bezbarwny, przezroczysty produkt, który wytwarza się przez kilkogodzinne stapianie w temp. ok. 1500°: piasku, wapienia i sody, albo potaszu. Powstaje stąd chemiczny związek krzemionki z tlenkami wapnia *Ca* i sodu *Na*, albo potasu *K*.

Szkło jest więc mieszaniną kilku krzemianów: wapniowego z sodowym (szkło sodowe), lub z potasowym (szkło potasowe), a może być także szkło ołowiowe i inne. Zasadniczym składnikiem szkła jest atoli zawsze krzemionka.

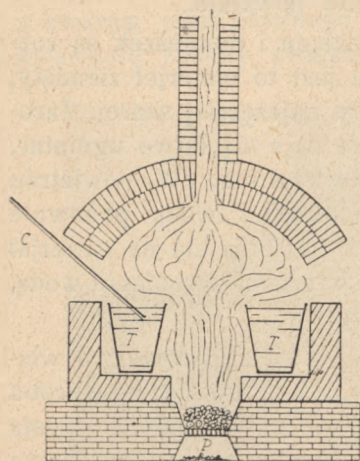


Fig. 94. Huta szkła. — Piec do wytapiania szkła w przekroju: *T* — szamotowe tygle ustawione wkoło paleniska, *C* — „cybuch” (rurka żelazna) do wyjmowania stopionego szkła, *P* — palenisko.

1. Wyrób szkła w hutach szklanych. W dużych tyglach (Fig. 94) z ogniotrwałej gliny, ustawionych w piecach dokoła gorejącego ogniska, stapia się powyższa mieszanina ciał. Początkowo zawartość tych tygli burzy się, bo przez rozkład wapienia, sody, potaszu, jako węglanów, uchodzi bezwodnik węglowy. — Po paru godzinach całość zostaje stopiona na jednorodną masę, która

w tem. pieca jest dostatecznie płynna. Masę tę wybiera się na gorąco zapomocą długiej żelaznej rury, zwanej cybuchem. Zawisa ona na końcu cybucha w postaci dużej sopli, którą wprawny

robotnik rozdyma, wdmuchując przez drugi koniec cybucha powietrze z płuc. (Fig. 95). Tak powstają bańki, lub cylindry szklane i gdy te są jeszcze miękkie, robotnik nadaje im kształty zapomocą szczypiec żelaznych lub końcowego rozdęcia w odpowiedniej formie (Fig. 96), lub wyciąga w rury. Rury te rozcina się podłużnie nożycami i wyprostowuje na płycie metalowej w płaskie szyby. — Gorący

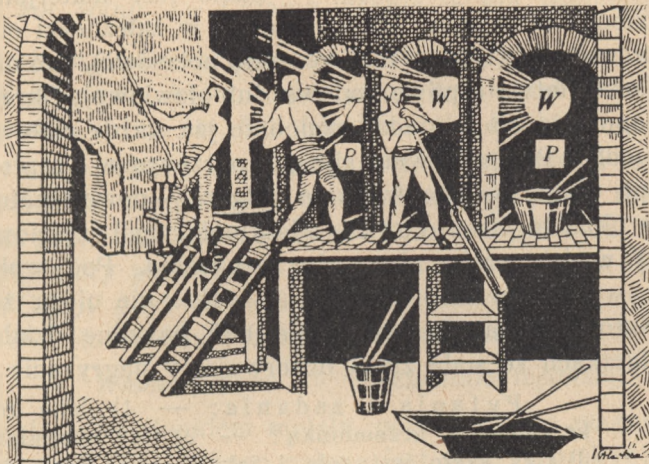


Fig. 95. Wydymanie szklanych naczyń w hucie.

jeszcze przedmiot szklany stawia się następnie do wielkich pieców (jak chlebowy), gdzie utrzymana jest temperatura nieco niższa od temperatury, w której dany gatunek szkła mięknie (np. 300—400°).

To kilkanaście godzin trwające i stopniowo coraz słabsze ogrzewanie gotowych już wyrobów szklanych jest konieczne, by potem samorzutnie nie pękały. — Po ostudzenia wyrobiony przedmiot idzie do szlifierni, celem ostatecznego wykończenia.

W ten sposób fabrykują się przedmioty szklane codziennego użytku, jako to: flaszki, szklanki, karafki, szkiełka do lamp, szyby i t. p., oraz rury ciągnięte. — Z rur szklanych wyrabia się potem drobne przyrządy laboratoryjne i lekarskie:

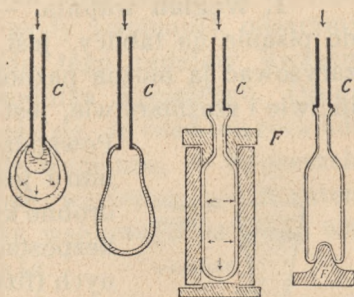


Fig. 96. Kolejne formy, które przybiera stopione szkło przy wydymaniu butelek: C — cybuch, F — forma.

kolby, zlewki, rurki, pipety, termometry i t. p. Jest to zadanie specjalistów od wydymania szkła przy pomocy dmuchawki.

Szkło znane było już w starożytności, należało jednak do przedmiotów zbytku. W Europie fabryczny wyrób szkła odnosi się

do XIII w. (Wenecja). — Dziś w każdym kraju są liczne huty szklane, w Polsce — przeważnie w zagłębiu dąbrowskiem.

2. *Własności szkła.* — Szkło jest materiałem na zimno kruchym i łamliwym. Za ogrzaniem w zależności od gatunku mięknie w wyższej (trudno topliwe szkło potasowe), lub niższej temperaturze (szkło łatwo topliwe sodowe, lub ołowiowe). Określonej temperatury topnienia nie posiada, podobnie jak każde ciało bezpostaciowe, np. smoła. Pod wpływem silnego ogrzewania i raptownego chłodzenia, lub długotrwałego działania wilgoci — powoli matowieje (stare szyby w oknach). Jest to proces odszklenia, czyli częściowej krystalizacji. — W wodzie szkło nieco się rozpuszcza. Pod wpływem kwasów — z wyjątkiem fluorowodoru — szkło nie ulega żadnej zmianie. — Natomiast zasady wywierają nań powolne działanie. Stąd np. we flaszках ze sodą żrącą obserwujemy nagryzanie ścian.

Pytania i zadania: — 1) Jaka różnica jest między krzemem a krzemionką? — 2) Czy krzemiany są to sole? — 3) Czy szkło jest solą i jaką? — 4) Czem jest glina i jakie są jej własności? — 5) Na płomieniu lampki spirytusowej spróbować: zgąć rurkę szklaną, wydać na jej końcu balonik, spoić rozgrzane do czerwoności końce dwu rurek. — 6) Spróbować rozgrzaną do czerwoności rurkę szklaną zanurzyć do wody.

6. Wapień.

1. *Węglan wapnia.* — *Własności i skład.* — Kreda, używana do pisania na tablicy, jest materiałem białym, kruchym, miękkim: zarysować ją można paznokciem. — Marmur, używany w budownictwie i rzeźbiarstwie, jest materiałem twardszym: rysuje go żelazo.

Powstała rysa bez względu na zabarwienie marmuru jest zawsze biała. — Marmur ma budowę drobno krystaliczną, widoczną na przełomie, kreda — bezpostaciową. — Mimo tej różnicy cech zewnętrznych (fizycznych) oba te ciała chemicznie stanowią ten sam rodzaj materji, a mianowicie są to węglany wapnia. — Cechują je następujące reakcje:

1) *Działanie kwasów.* — Kawałek marmuru lub kredy polane w próbówce lub kieliszku (Fig. 97), rozcieńczonym kwasem solnym — burzą się. Uchodzący gaz jest to bezwodnik węglowy, albowiem mąci wodę wapienną, gasi płonące łuczywo. — Pozostały roztwór po odparowaniu

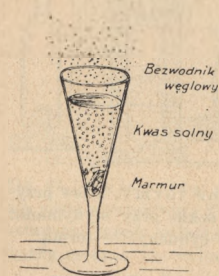


Fig. 97. Marmur, wapień — jako węglany — pod działaniem kwasów wydzielają bezwodnik węglowy, powodujący burzenie się cieczy.

daje biały osad. Jest to chlorek wapnia. — Burzenie się marmuru i kredy pod działaniem kw. solnego jest więc wynikiem reakcji:

Węglan wapnia + kw. solny $\rightarrow$ Chlorek wapnia + kw. węglowy.

Kwas węglowy, jako nietrwałe połączenie, sam się rozpada na: wodę i bezwodnik węglowy, który znów jako gaz niezbyt obficie rozpuszczalny w wodzie (p. w. str. 63) uchodzi z niej bańkami.

2) Działanie wysokiej temperatury. — Marmur a tak samo kreda, prażone silnie w próbowce z trudno topliwego szkła, rozkładają się: — a) na gaz, który jest bezwodnikiem węglowym, — b) na biały proszek, który pozostaje w próbowce, a który jest wapnem palonem (Ca, O), gdyż po zadaniu wodą tworzy wodę wapienną (p. w. str. 36). Rozkład powyższy jest wynikiem reakcji:

Węglan wapnia $\rightarrow$ Wapno palone + bezwodnik węglowy.

Wapno palone jest zaś tlenkiem metalu, podobnego do magnezu, zwanego wapniem Ca . Wapno palone jest więc tlenkiem wapnia (Ca, O). Z wodą łączy się (p. str. 112) na wodorotlenek wapnia (Ca, O, H), który rozpuszcza się nieznacznie w wodzie (p. str. 59), tworząc roztwór zwany wodą wapienną.

3) Tworzenie się węglanu wapnia z wody wapiennej. — Zbadajmy, czym jest osad, powstający z wody wapiennej, przy przepuszczaniu przez nią bezwodnika węglowego. — Przygotujmy go w większej ilości, np. z $\frac{1}{2}$ litra wody wapiennej, odsączmy i wysuszmy w suszarce. — Część osadu tego zadajmy kwasem solnym: burzy się z wydzieleniem bezwodnika węglowego. Drugą część wyprażmy silnie w próbowce. Okaże się, że osad ten rozkłada się częściowo: — a) na gaz mącący wodę wapienną, — b) proszek, który z wodą wytwarza zpowrotem wodę wapienną. — A zatem osad, wytworzony działaniem bezwodnika węglowego na wodę wapienną, jest również węglanem wapnia.

4) Rozpuszczalność węglanu wapnia. — Skoro węglan wapnia, wytworzony z wody wapiennej, opadł jako osad, przeto jest on w wodzie nierozpuszczalny. Tak samo nierozpuszczalnymi w wodzie są i naturalne węglany: kreda, marmur. (Próba). — W przeciwieństwie do tego okazuje się, że w wielu wodach mineralnych, w szczególności tych, które są bogate w bezwodnik węglowy, np. w wodzie karlsbadzkiej, znajdują się znaczne ilości rozpuszczonego węglanu wapnia. W mniejszym stopniu obserwujemy to

i w zwykłej wodzie studziennej, która w kociołkach, będących w dłuższym użyciu, osadza t. zw. kamień kotłowy. Kamień kotłowy burzy się za działaniem kwasów. (Próba). Jest więc węglanem. Skąd to pochodzi?

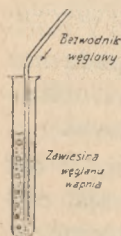


Fig. 98. Węglan wapnia — rozpuszcza się w wodzie nasyconej bezwodnikiem węglowym.

Wykonajmy następujące doświadczenie. — Do próbówki z wodą wapienną wprowadźmy rurką bezwodnik węglowy i nie bacząc na powstający osad węglanu wapnia, przepuszczajmy bezwodnik (Fig. 98) dalej: osad zniknie. Znaczy to, że osiadły w pierwszej chwili węglan wapnia rozpuścił się znowu. Stać się to mogło jedynie dlatego, że woda nasyciła się bezwodnikiem węglowym. A zatem:

Węglany wapnia, — a więc i kreda marmur, nierozpuszczalne w czystej wodzie, — rozpuszczają się w wodzie, zawierającej bezwodnik węglowy. Gdy jednak roztwór ten poddamy ogrzewaniu (zagotujemy), bezwodnik węglowy w nim zawarty ujdzie zeń; a wskutek tego rozpuszczony węglan wapnia wypadnie zpowrotem z roztworu jako osad. (Próba).

Wnioski: — 1) Wszystkie węglany pod działaniem kwasów wywiązują bezwodnik węglowy. — 2) Węglan wapnia przy prażeniu rozkłada się na wapno palone (CaO) i bezwodnik węglowy. — 3) Węglan wapnia, nierozpuszczalny w wodzie pozbawionej bezwodnika węglowego, rozpuszcza się w wodzie, zawierającej bezwodnik węglowy.

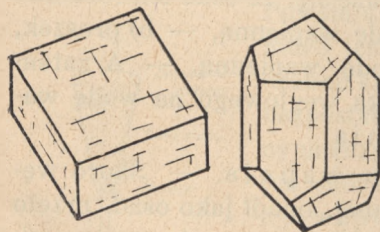


Fig. 99a. Kalcyt — w odrębnych kryształach ma postać rombościanów lub sześciobocznych graniastosłupów, zakończonych rombościanami.



Fig. 99b. Kalcyt: w naturalnem skupieniu odrębnych, dużych kryształów.

2. Naturalne węglany wapnia. — 1. Rodzaje wapieni. — Węglan wapnia występuje w przyrodzie w wielu odmianach i jest

bardzo pospolity. — Krystaliczną budowę wykazują (na przełomie) marmury. W dużych przezroczystych kryształach rombościennych (Fig. 99 a) widzimy go w t. zw. szpacie islandzkim, cennym, lecz rzadkim mineralu, służącym do wyrobu pewnych instrumentów optycznych. — Najczęściej jednak występuje węglan wapnia w stanie bezpostaciowym. W tej postaci tworzy on pospolite skały: wapienne, kredowe, marglowe; znajduje się w mineralnych częściach istot zwierzęcych (kości ssaków, skorupy jaj, skorupy małżów, pnie koralów, szkielety gąbek i t. d. (Fig. 100 a i b); wchodzi

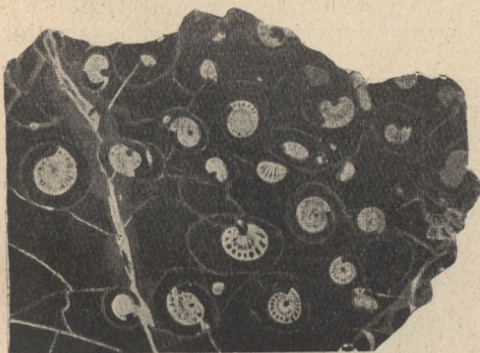


Fig. 100 a. Marmur, wykazujący w swej budowie drobne skamieliny amonitów (p. także Fig. 107).



Fig. 100 b. Wapień: skorupki otwornie widziane w kawałku kredy pod mikroskopem.

w skład większości gleb. — W stanie rozpuszczonym znajduje się w każdej wodzie, stykającej się z powietrzem, zawierającym zawsze bezwodnik węglowy (p. str. 63 i str. 108), a więc tak samo zawsze i w wodzie morskiej. — Obecność węglanu wapnia w wodach naturalnych jest niezbędną dla życia organizmów.

2. *Skały wapienne.* — Z rozpuszczonego w morskiej wodzie węglanu wapnia czerpią istoty morskie materiał do wytworzenia ich szkieletów (skorup). Z mineralnych resztek tych istot powstają na dnie oceanów pokłady, które przy późniejszym wydźwignięciu się z dna morskiego występują na lądach jako pokłady wapienne, szczególnie widoczne w ogromnych łańcuchach górskich, np. w Alpach, Apeninach, Pirenejach i t. d. Tak powstały wszystkie wapienne utwory skalne kuli ziemskiej. Tegoż samego pochodzenia są i wapienie w Polsce: np. kredowe skały okolic Krakowa (Fig. 102), Ojcowa, Częstochowy; wapienie Pienin i Tatr (Regle, Giewont, Murań, Hawrań i t. d.); marmury Gór Świętokrzyskich (Chęciny) i t. d.

Powstawanie wciętych dolin, a w nich często grot i jaskiń, — jak to widzimy np. w Polsce: w Tatrach (w dolinach Strążyskiej, Kościeliskiej i t. d.), w Ojcowie, Mnikowie, na Wawelu (jama Smocza) i t. d. — jest wyłączną cechą skał wapiennych. — W grotach tych skał spotyka się nierzadko dziwne utwory, zwieszające się w postaci dużych sopli od stropu i wystających z podłoża słupów stożkowych. Są to utwory zwane stalaktytami i stalagmitami (Fig. 101). — Zarówno powstawanie wciętych dolin, grot, jak i tych swoistych nacieków w ich wnętrzach, tłumaczy nam doświadczenie Fig. 98. — Oto wody deszczowe, zawierające bezwodnik węglowy z powietrza, a jeszcze bardziej wody podziemne, nieraz znacznie



Fig. 101. Stalaktyty: powstają w grotach skał wapiennych, jako zwisające duże sople, tam, gdzie ze stropu grot ścieka powoli woda, napojona wapniem i bezwodnikiem węglowym.

napojone tym bezwodnikiem, sącząc się szczelinami skał, rozpuszczają w sobie powoli węglan wapnia, z którego złożone są te skały. Szczelina skały rozszerza się, tworzy się podziemny chodnik, a w nim grota. Kapiąca ze stropu takiej groty woda, napojona bezwodnikiem węglowym i zawierająca rozpuszczony w niej węglan wapnia, — paruje w powietrzu, a nadto utracą bezwodnik węglowy. Wskutek tego osadza się z niej węglan, tworząc zwieszającą się soplę — stalaktyt. Od dołu rośnie ku niemu w górę — stalagmit. — Rozpuszczające się wciąż działaniem przepływającej wody z bezwodnikiem węglowym ściany szczelin wapiennych przetwarzają się w podziemne chodniki i kanały, kryjące nieraz w sobie na przestrzeni wielu kilometrów podziemne potoki. Taki podziemny potok przy

sprzyjającym układzie warstw skalnych wydobyć się może na powierzchnię. Wtedy tworzy się t. zw. wywierzyisko, czyli potężne źródło wodne, jakie widzimy w Tatrach, np. u wejścia do doliny Kościeliskiej, lub na Kalatówkach.

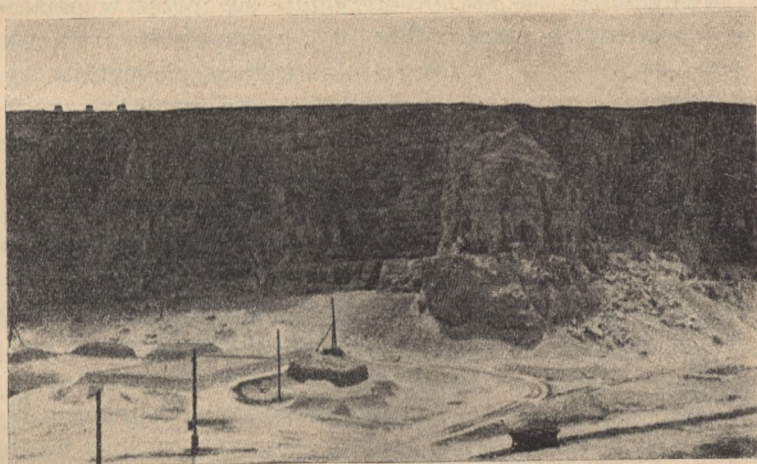


Fig. 102. Kamieniołom wapienia w Podgórzu pod Krakowem: warstwy wapienia, wielometrowej miąższości (grubości) zachowały tu położenie poziome.

3. *Zużytkowanie wapieni.* — Wapienie, kredy i marmury są cennym materiałem, mającym liczne zastosowania. — Marmur oraz twardsze gatunki wapieni — mają przede wszystkim zastosowanie w budownictwie. Stawia się z nich w szczególności budowle monumentalne: w całości (np. katedry Medjolanu, Wiednia), lub częściowo (np. fundamenty, odrzwia, narożniki, ołtarze kościołów krakowskich). Różne inne odmiany wapieni mają zastosowanie do wyrobu: kredy pisarskiej, bezwodnika węglowego, wapna palonego oraz cementu. — Dla wszystkich powyższych celów marmury i wapienie są przeto powszechnie wydobywane z odpowiednich skał. W Polsce mamy też liczne kamieniołomy wapieni, w szczególności w Krakowskim i Kieleckim (marmur chęciński).

Zadania i pytania: — 1) Jak rozpoznać wapień? — 2) Czy kamień kotłowy jest wapieniem? Czy soda jest węglanem? — 3) Czy każdy kwas burzy węglany? — Sprawdzić to kwasami: solnym, siarkowym, octowym. — 4) Wypisać reakcje: kw. siarkowego na chlorek sodu, kw. solnego na siarczek żelaza, kw. octowego na węglan wapnia, i określić ich wspólny typ. — 5) Wsypać małą grudkę zmielonej kredy do szklanki z wodą sodową. Czy się

rozpuści? — 6) Czy skała wapienna bez spękań jest przepuszczalna dla wody? — 7) Czy w piaskowcach czystych mogą tworzyć się groty w sposób taki, jak w wapieniach?

3. Wapno palone. — 1. *Wypalanie wapna.* — Wapno palone, czyli tlenek wapnia (Ca,O), otrzymuje się przez wypalanie wapieni w odpowiednich piecach (Fig. 103), zwanych wapiennikami.

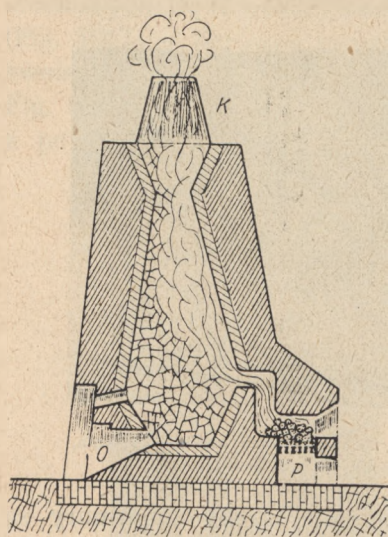


Fig. 103. Piec wapiński: P — palenisko, O — otwór do wybierania wypalonego wapna, K — komin, służący też do wypełniania pieca wapieniem.

Są to na kilkanaście metrów wysokie piece pionowe, wyłożone wewnątrz ogniotrwałą cegłą. Z dołu znajduje się wysunięte nieco na bok palenisko, wskutek czego piec może być „pod ogniem“ podczas dosypywania wapienia. Zapewnia to ciągłość pracy. Wypalone wapno zesuwa się ku dołowi pieca i jako gotowy produkt jest przez boczny otwór wybierane. Wapień świeży ładuje się przez otwór górny. Wytwarzający się jednocześnie bezwodnik węglowy uchodzi górą w powietrze.

2. Własności wapna palonego. — W zależności od jakości wapienia, otrzymane zeń wapno palone jest mniej lub więcej czystym tlenkiem wapnia (Ca,O). Z wapieni ilastych otrzymuje się produkt, zwany „wapnem chudym“, z czystych wapieni „wapno tłuste“ — Wapno chude „gasi się“ źle. — Gaszenie wapna palonego polega na przeróbce tlenku wapnia na wodorotlenek przez związanie wody:

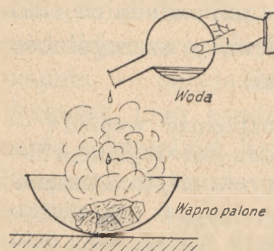
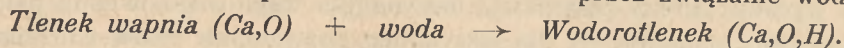


Fig. 104. Gaszenie wapna palonego: wapno palone z wodą tworzy wapno gaszone.

Bryłkę świeżego „tłustego“ wapna palonego, umieszczonego na większej parownicy, polewamy wodą (Fig. 104). Z początku woda wsiąka w wapno, jak w gąbkę: pozornie nie się nie zmienia. Po chwili wapno poczyną parować silnie, rozgrzewa się, poczem pęcznieje i wreszcie rozsypuje się w proszek biały. Cała ilość dolanej wody znika. Otrzymany produkt jest suchym proszkiem wodorotlenku wapnia ($\text{Ca},\text{O},\text{H}$).

3. *Wapno gaszone*. — W myśl powyższego tlenek wapnia (Ca, O), zmieniając się przy „gaszeniu“ na wodorotlenek (Ca, O, H), wiąże chemicznie pobraną przez się wodę. Stwierdzić można, że 100 g tlenku wapnia pochłania w ten sposób ok. 32 g wody. — Reakcja powrotna, t. j. rozkład otrzymanego wodorotlenku wapnia na tlenek i wodę, nie daje się skutecznie nawet przez bardzo silne ogrzewanie. — Wapno gaszone, zadane znaczniejszą ilością wody tworzy gęstą masę białą. Niewielka ilość tej masy rozbeltana z wodą, tworzy mleczną ciecz, zwaną mlekiem wapiennem. Po odstaniu się i odsączeniu, otrzymujemy zeń (p. str. 36) klarowny nasycony roztwór wody wapiennej, w którym w 100 cm^3 znajduje się tylko 0.2 g wodorotlenku wapnia.

4. *Zużytkowanie wapna*. — Wapno jest produktem, mającym wielorakie zastosowanie w przemyśle chemicznym: przy wyrobie sody żrącej, amonjaku, w cukrownictwie i t. d. Służy jako materiał nawozowy w rolnictwie na glebie ubogiej w wapień. Najważniejsze zastosowanie ma jednak w budownictwie dla wyrobu zaprawy murarskiej, wapna hydraulicznego i cementu.

4. *Zaprawa murarska*. — Zwykła zaprawa murarska jest to masa, która służy do wiązania cegieł przy stawianiu murów. Otrzymuje się przez zmieszanie: wapna gaszonego, piasku i wody. W tym celu w dołach ziemnych „gasi się“ wodą większe ilości wapna i rozrabia do stanu gęstej ciastowatej masy, poczem w miarę potrzeby miesza się ją z piaskiem i dodatkowo zadaje odpowiednią ilość wody.

Działanie wiążące zaprawy murarskiej polega na przemianie, jakiej zaprawa murarska doznaje powoli w powietrzu. Wiadomo, że twardnieje. Pochodzi to z dwu przyczyn: 1) nadmiar wody użytej do zaprawy wyparowuje z niej, 2) wapno gaszone z bezwodnikiem węglowym powietrza przemienia się w węglan wapnia (p. str. 107, punkt 3). Dzieje się to b. powolnie, bo w powietrzu zawartość bezwodnika węglowego jak wiemy (str. 63) jest bardzo nieznaczna: zaledwie 3 cm^3 w 10 *litrach* powietrza. Jednocześnie z zaprawy wydziela się ta woda, która chemicznie związana była w wapnie gaszonym. Stąd pochodzi wilgoć świeżych pozornie suchych murów i parność powietrza w pierwszych miesiącach po zamieszkaniu.

5. Cement. — Zwyczajna zaprawa murarska nie nadaje się do użytku w konstrukcjach podwodnych, gdyż jej twardnienie wymaga obecności powietrza, zawierającego bezwodnik węglowy, oraz odprowadzenia z niej wody podczas twardnienia. Jest to niemożliwe przy budowie podwodnej. — Do tego rodzaju budowli używa się przeto innej zaprawy, a mianowicie takiej, która twardnieje właśnie pod wodą. Jest to t. zw. zaprawa hydrauliczna. W zaprawie tej wchodzi obok piasku, zamiast wapna gaszonego, jako drugi zasadniczy składnik, t. zw. wapno hydrauliczne. — Jest to wapno, wypalane w wysokiej temperaturze, — od 1500° do 1600° , t. j. znacznie wyższej niż zwykłe wapno, — z wapieni, zawierających obok węglanu wapnia także glinę w ilości 10—20%. — Przy jeszcze większej zawartości gliny, zwyż 20%, takie wapno hydrauliczne tworzy t. zw. cement. Cement wypala się albo z naturalnych wapieni gliniastych (cement portlandzki), albo ze sztucznej mieszaniny czystego węglanu wapnia z dodaną ilością gliny. — Przy wypalaniu cementu z węglanu wapnia tworzy się wapno palone, a z gliny, która jest wodnym glinokrzemianem (str. 103), powstaje glinokrzemian bezwodny. — Ta to właśnie mieszanina wapna palonego i bezwodnego glinokrzemianu — znalazłszy się pod wodą — wiąże zpowrotem odpowiednią ilość wody i przemienia się przytem w glinokrzemian wapniowy, twardy i nierozpuszczalny związek. Szybkość tej przemiany zależy od gatunku cementu. Są cementy, których okres twardnienia po zaprawieniu wynosi zaledwie kilka lub kilkanaście minut.

Cementu używa się do wyrobu betonu, którym jest mieszanina cementu z szutrem, a także do konstrukcyj t. zw. żelazobetonowych, utworzonych z drutów żelaznych, wrobionych w masę betonową.

Pytania: — 1) Do jakiego typu reakcyj należy wypalanie wapna z wapienia? — 2) A do jakiego — reakcja gaszenia wapna palonego? — 3) Ile wody dodać trzeba, by zgasić 25 kg wapna? (p. str. 113, punkt 3). — 4) Czy bezwodnik węglowy potrzebny jest do stwardnienia cementu? — 5) Czy starta, wypalona oddzielnie glina wiąże się z wodą (p. str. 103, ust. 2)?

7. Granit.

1. Własności i skład granitów. — *1 Fizyczne cechy.* — Skała granitowa ma wygląd przeważnie szary lub różowy. (Pokaz). Kawałek odłupanego granitu, rozpatrywany gołym okiem, przedstawia

ziarnistą, nawskroś krystaliczną masę, złożoną z 3 rodzajów kryształów: 1) bezbarwnych i przezroczystych; 2) ciemnych i błyszczących, dających się z łatwością wyłupywać; 3) zabarwionych blado-różowo i nieprzezroczystych. Są to trzy rodzaje odmiennych minerałów: 1) kwarcu, czyli krystalicznej krzemionki, 2) blaszkowatego łyszczyku, zwanego inaczej miką, 3) krystalicznego skalenia, zwanego też szpatem polnym, o postaci krystalicznej, jak na Fig. 105.

Te trzy odrębne minerały, stanowiące razem granit, mogą wykazywać różnice w stosunku do siebie, zarówno co do ilości każdego ze składników, jak i co do wielkości ich kryształów. Są granity bardziej i mniej bogate w krzemionkę lub łyszczyk; bywają granity grubo- i drobno-krystaliczne. Budowę granitu pod mikroskopem w przekroju wyobraża Fig. 106 a. W polu widzenia mamy tu zwartą masę oddzielnych kryształów: kwarcu (białe), skalenia (różowawe), łyszczyków (czarne — pola). — Istnieją też takie granity, w których kryształy np. skalenia przeważają swą wielkością wszystkie inne, np. w pegmatytach. (Pokaz: Fig. 106 b). Zawsze jednak wszystkie te trzy składniki w granicie są obecne, przytem zawsze w stanie krystalicznym. Żadnego lepiszcza, jak to widzimy w piaskowcach (p. str. 102) lub

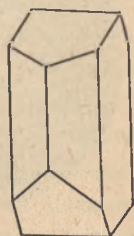


Fig. 105. Kryształy skalenia — mają postać graniastoslupów zakończonych daszkami.



Fig. 106 a. Granit drobnoziarnisty, widziany w szlifie pod mikroskopem: 1) kryształy białe — kwarc; 2) różowawe — skalni; 3) czarne — łyszczyk.



Fig. 106 b. Granit gruboziarnisty z żyłą pegmatytu: jasne kryształy białe — to kwarc; duże, różowawe — to skalni; ciemne, blaszkowate, błyszczące — to łyszczyk.

zlepieńcach — w granicie niema. — Ponieważ zarówno kwarc jak i skałni, należą pośród minerałów skałotwórczych do najbardziej twardych, przeto i granit, w szczególności o mniejszej zawartości łyszczyku, jest materiałem bardzo twardym.

W przeciwieństwie do tej budowy granitu istnieją skały o zbliżonym chem. składzie, lecz o odmiennej budowie. Są to porfiry (Fig. 107). W porfirach masa skalna nie jest nawskroś krystaliczna, lecz tylko częściowo. Wśród odrębnych kryształów jednego ze składników, np. skalenia, pozostałą przestrzeń wypełnia bezpostaciowe szkliwo.

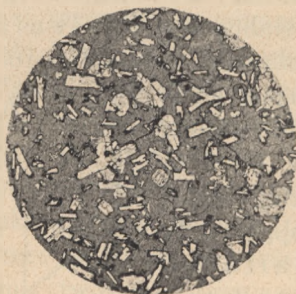


Fig. 107. Porfir, widziany w szlifie pod mikroskopem: a) bezpostaciowa masa — to szkliwo, 2) rozsiane w niem odrębne kryształy — to skaień lub kwarciec.

2. *Chemiczne własności granitu* — są własnościami wymienionych wyżej składników. A więc — kwarciec, czyli krystaliczna krzemionka, jest to dwutlenek krzemu SiO_2 , ten sam, co stanowi skład ziarnki piasku (p. str. 101). — Skaień i łyszczyk — są to glinokrzemiany, t. j. związki tego samego rodzaju, co i glina (p. str. 103), a mianowicie są to glinokrzemiany sodu Na , potasu K , wapnia Ca , lub magnezu Mg . — Ponieważ wszystkie te związki są odporne na działania chemiczne, przeto

granit jest również chemicznie odpornym materiałem.

Granit w wodzie nie rozpuszcza się, przy długotrwałem jednak działaniu wód atmosferycznych i powietrza ulega bardzo powolnym przemianom, wskutek czego ze skalenia i łyszczyku wkońcu powstaje glina, natomiast kwarciec pozostaje niezmienny. W ten sposób skała granitowa rozpada się i przeobraża w materiał, który woda unosi z gór w niziny, jako iły, gliny i piasek. Proces ten zwany wietrzeniem odbywa się w powierzchniowych częściach skały i jest niezmiernie powolny, daleko powolniejszy, niż wymywanie skał wapiennych lub piaskowców. Skały granitowe są to najtrwalsze utwory skorupy ziemskiej. A jednak i one w okresach geologicznych, liczonych na dziesiątki milionów lat, uległy „zwietrzeniu”: w rezultacie wytworzył się z nich materiał późniejszych, osadowych (p. n. str. 118) utworów skalnych.

3. *Zużytkowanie.* — Dla swych powyżej wymienionych własności granit przedstawia niezwykle cenny materiał budowlany. W szczególności używa się go do szutrowania dróg i brukowania ulic, w postaci szutru lub kostek, które swą twardością i odpornością na ścieranie przewyższają inne tego rodzaju materiały (wapienie, piaskowce).

2. Skały wybuchowe i osadowe. — 1. Występowanie granitu. —

Skały granitowe występują na kuli ziemskiej bardzo licznie, najczęściej w postaci najwynioslejszych gór, jakimi są np. najwyższe części Alp, góry Skandynawskie i t. d. — U nas w Polsce granitowemi górami są nasze przecudne Tatry. — Granitem jest też podłoże, które zalega na ogromnej nizinnej przestrzeni wschodniej Europy, a ciągnie się od naszego Podola i Wołynia, aż za Dniepr i dalej. O tem świadczą słynne granitowe „porohy“ Dniepru, t. j. miejsca, gdzie wody Dniepru wymyły powierzchnię warstw górnych aż do granitu, a dalej liczne tak zwane „wychodnie“ granitu, t. j. miejscowości, gdzie granit został obnażony wskutek zmycia pokrywających go, a niezbyt grubych w tych miejscach warstw osadowych. — W tych właśnie miejscowościach założone zostały kamieniołomy granitu. Liczne kamieniołomy granitu znajdują się u nas na Wołyniu w obrębie Klesowa i Osmalina nad Słuczą. — Granit z tych kamieniołomów przedstawia materiał drobnoziarnisty, jednolity i b. wytrzymały. Używa się go przeważnie do wyrobu kostek na bruk.

2. Jak powstał granit? — Granit nie mógł powstać drogą kryształizacji z wodnego roztworu tak, jak np. sól kamienna. Składniki granitu: kwarciec, skaień, łyszczyk, nie są bowiem rozpuszczalne w wodzie. — Nie może to być także produkt mechanicznie w wodzie osadzonego materiału, jakim jest np. piaskowiec, glina i t. p., gdyż nie znać w nim ani lepiszcza, ani uwarstwienia. Granit mógł powstać jedynie tylko przez skrzepnięcie stopionego przedtem materiału, podobnie jak krzepnie stopiona siarka (p. str. 84) albo stopiony cynk. Ta stopiona masa, z której powstał granit, musiała być materiałem, zawierającym w sobie wszystkie te pierwiastki, z których wytworzone są związki chemiczne: kwarcu, skalenia, łyszczyku. — W stanie ciekłym, czy napół ciekłym, masa ta musiała być bardzo gorąca, gdyż wiemy, że związki te topią się bardzo wysoko, np. krzemionka — powyżej 1700°. — Ta pierwotna, napół ciekła, ogniopłynna masa, z której wytworzyły się granity, porfiry i inne pokrewne skały — zwie się *magmą*.

Wyobrażenie o tem, czem jest magma i jak z niej powstaje skała wybuchowa, dają nam wulkany (Fig. 108), t. j. góry, które dziś jeszcze przy swych wybuchach wylewają z wnętrza ziemi ogniopłynną lawę. — Ta gęsta lawa, zastygając, wydziela z siebie rozmaite minerały, które razem tworzą nową skałę, z lawy tej powstałą. — Od składu chemicznego lawy, a więc magmy, zależeć

musi skład wytworzonej z niej skały. Od warunków ostygnięcia (powolnego, czy szybkiego) — wielkość kryształów i budowa wewnętrzna materiału skalnego.

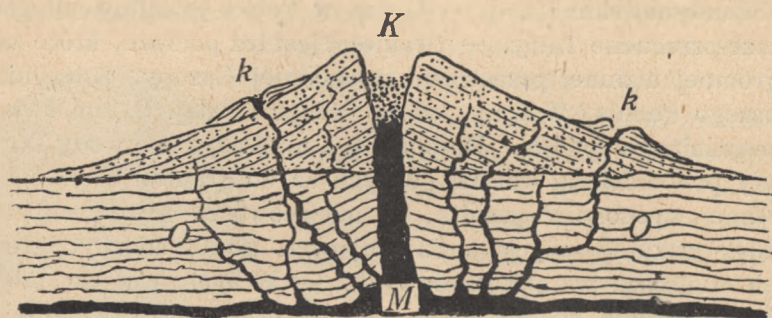


Fig. 108. Wulkan w przekroju: *M* — magma, *K* — krater główny, *k k* — kratery drugorzędne, *O* — osadowe warstwy, a nad nimi skały magmowe, — tworzące trzon wulkanicznej góry.

Oprócz granitów jest też wiele innych skał tegoż samego pochodzenia, np. andezyty, bazalty, melafiry, diabazy, porfiry i t.d. Wszystkie te skały są to utwory, powstałe przez skrzepnięcie ogniopłynnej magmy bądźto w głębi skorupy ziemskiej (skały głębinowe), bądźto przy wtargnięciu magmy w górne części, bliżej powierzchni skorupy (skały wylewne). — Są to wszystko skały wybuchowe, czyli magmowe.

W Polsce tego rodzaju skały mamy w wielu miejscowościach: granity i gnejsy — w Tatrach; granity i bazalty — na Wołyniu; andezyty i trachity — w okolicy Pienin; diabazy, melafiry, porfiry — w okolicy Krzeszowic i Chrzanowa.

3. Skały osadowe. — W przeciwieństwie do skał wybuchowych, które są zawsze pochodzenia magmowego, stoją skały osadowe. Mówiliśmy już o nich okolicznościowo w ustępach o piaskowcach (str. 102) i wapieniach (str. 109). — Jak sama nazwa wskazuje, powstały one jako osady z wody, tak jak np. wapno osadza się z „mleka“ wapiennego (str. 113), lub glina z jej zawiesiny wodnej. (Pokaż).

Materiał skalny, znoszony wodą do mórz i oceanów w postaci piasku i gliny, osiadał na ich dnie. Obumarłe resztki organizmów morskich, np. małży, ryb i t. d., w niezliczonej liczbie spadały również na dno. — Stąd z biegiem milionów lat potworzyły się pokłady, zalega-

jące ogromne przestrzenie dna morskiego. Są to pokłady: piaskowców, ilów, wapieni. Po ustąpieniu mórz przez wydźwignięcie dna morskiego pokłady te weszły w skład lądów, tworząc osadowe części skorupy ziemskiej. Sfałdowane i wypiętrzone w pewnych miejscowościach, pokłady te potworzyły łańcuchy górskie. Tam, gdzie niegdyś było morze, dziś są lądy i góry. Tak powstały też i nasze Karpaty.

4. *Jak rozpoznać skałę osadową?* — 1) Znamienną cechą skał osadowych jest ich uwarstwienie. Uwarstwienie to obserwować można szczególnie łatwo tam, gdzie woda wytworzyła nagi przekrój skały, np. na podciętych korytem rzeki zboczach górskich, lub gdzie skałę obnażono sztucznie, jak np. w tunelach, kamieniołomach (Fig. 93 i 102) i t. d. — 2) Drugą, znamienną właściwością skał osadowych jest obecność w nich t. zw. skamielin. Są to skamieniałe kształty lub płaskie odciski organizmów, które w dawnych morzach żyły, lub też resztki istot lądowych, wchłoniętych przez morza, i to zarówno zwierząt jak i roślin. — Ze świata zwierzęcego pospolitemi są skamieliny: drobnych otwornic (Fig. 100b), większych i mniejszych mięczaków (ślimaków), głowonogów (Fig. 109 i 100a), koralów (Fig. 110) i t. d.; odciski: — ryb, ssaków, ptaków i t. d. — Ze świata roślin-

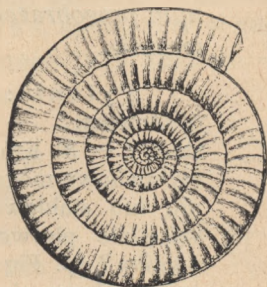


Fig. 109. Skamielina amonitu (głowonoga) w wapieniu.



Fig. 110. Krzak koralowy — słonowi szkielet wapienny, pozostały z istot morskich (koralów), żyjących gromadnie i wytwarzających t. zw. rafy koralowe.



Fig. 111. Odciski zwęglonych resztek roślinnych w pokładach skał osadowych: A, C — paprocie, B — annularia.

nego: zwęglone — skrzypy, widłaki, paprocie (Fig. 111), zwapniałe — glony, wodorosty i t. d. — Szczególniej bogate w takie skamieliny są pewne rodzaje skał wapiennych, w mniejszej ilości występują one również i w niektórych piaskowcach. Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że skały, zawierające te skamieniałe szczątki istot organicznych, wytworzyć się mogły jedynie tylko jako osady morskie.

Wnioski: — 1) *Skorupa ziemska składa się ze skał osadowych i magmowych (wybuchowych).* — 2) *Skały osadowe stanowią przeważną część pokrywy lądów.* — 3) *Skały magmowe zwykle zalegają głębiej — pod osadowymi.* — 4) *Powierzchnia kuli ziemskiej ulegała ciągłym bardzo powolnym przeobrażeniom: na miejscach mórz powstawały lądy i odwrotnie.*

Pytania: — 1) Czy pokłady soli kamiennej są pokładami osadowymi? — 2) Jaki jest końcowy wynik rozkładu granitowej skały? — 3) Które gatunki granitu są najtwardsze? — 4) Czy skały wybuchowe mogą burzyć się od kwasów? — 5) Czy przy wypiętrzeniu lub sfałdowaniu skał osadowych pokłady skalne zachowują wszędzie pierwotne położenie poziome, a jeżeli nie, to co stąd wynika? (p. Fig: 70, 79 a, 93, 102, 121, 124). — 6) Objasnić, dlaczego zdarza się, że skała osadowa zalega pod skałą magmową (wybuchową), gdy najczęściej jest odwrotnie?

ROZDZIAŁ VI.

WĘGIEL.

1. Węgiel jako składnik zasadniczy ciał organicznych.

1. Skład ciał organicznych. — 1) Poddajmy prażeniu (Fig. 112) w próbówce następujące ciała: potłuczony cukier, ugnieciony w gałkę papier, kawałek skóry, kawałek ugotowanego jaja kurzego. — Prażenie nie jest to samo, co palenie, gdyż przy prażeniu nie ma dostępu wolnego powietrza. — Z próbówki uchodzi para, a zawartość próbówki coraz to bardziej czernieje. Po zupełnem wyprażeniu w próbówce pozostaje czarna, błyszcząca, porowata masa. Jest to węgiel C. — Ten sam wynik otrzymamy po wyprażeniu np. ziarn zboża, grochu, kawałka mięsa i t. d.

2) Zapalmy knot zanurzony w terpentynie, a wytworzony płomień przykryjmy na chwilę dnem talerza: talerz okopci się sadzą. — Jest to skutek niezupełnego spalenia terpentyny. Tak samo osad węgla w postaci sadzy (kopci) powstaje przy niezupełnem spalaniu: nafty, oliwy, alkoholu, benzyny i wogóle każdej cieczy palącej się świecącym płomieniem. — Węgiel jest więc produktem zupełnego rozkładu tych ciał.

Wszystkie powyższe ciała są to substancje organiczne. Stanowią one: albo bezpośredni materiał istot organicznych (np: drzewo, mięso, skóra, jaje i t.d.), albo z materiału tego zostały wydobyte sztucznie (np: krochmal, cukier, oliwa, terpentyna, alkohol, stearyna i t. d.).

Wnioski: — 1) Wszystkie ciała organiczne zawierają w sobie węgiel (C). — 2) Węgiel w ciałach organicznych jest bezpośrednio niewidoczny, musi być przeto chemicznie zwią-

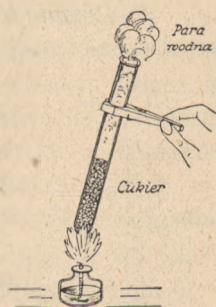


Fig. 112. Zwęglanie cukru przy wyprażaniu.

zany z innemi pierwiastkami. — 3) Związki organiczne słusznie przeto jest nazywać związkami węgla.

Pierwiastki, z którymi węgiel *C* wytwarza niezmiernie liczne naturalne i sztuczne związki organiczne, są to przede wszystkim: wodór *H*, tlen *O* i azot *N*, a także fosfor *P* i siarka *S*. — Najprostsze z nich są te, które zawierają oprócz węgla *C* jeszcze tylko wodór *H*, np. metan, benzyna, terpentyna (p. str. 136, 138, 142), a więc węglowodory. Bardziej złożone są związki, zawierające ponadto tlen, a więc złożone z: *C*, *H*, *O*, np. alkohol, cukier, tłuszcze i t. d.

2. Skąd organizmy czerpią węgiel, niezbędny do wytworzenia związków organicznych? — Organizmy zwierzęce żywią się pokarmem zwierzęcym lub roślinnym. Pokarm ten zawsze złożony jest z rozmaitych związków węgla. — Skąd rośliny czerpią węgiel na swą budowę?

1. Doświadczenia. — 1) Wlejmy do większego kubka szklanego wodę nasyconą bezwodnikiem węglowym. Wstawmy do niej odwróconą próbkówkę, wypełnioną tą samą wodą. Pod otwór próbkówki pod wodą wsunąć wylot szerszego lejka (Fig. 113), a pod ten lejek wprowadzimy drobne, liściaste gałązki świeżo ściętej rośliny (najlepiej jakiegokolwiek wodnej rośliny, np. moczarki pospolitej). Całość wystawmy na bezpośrednie działanie słońca. — Po pewnym czasie spostrzeżemy na pędach rośliny wydzielanie się drobnych pęcherzyków gazu, które zbierać się będą u góry próbkówki. — Jest to tlen.

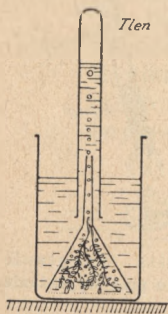


Fig. 113. Wydzielanie tlenu z bezwodnika węglowego przez rośliny na świetle.

2) Doświadczenie to, wykonane z wodą, nie zawierającą bezwodnika węglowego (najlepiej wygotowaną), nie da żadnego wyniku. Tak samo w ciemności. Również będzie ono bez rezultatu, gdy zamiast świeżych, zielonych pędów, użyjemy do tego jakichkolwiek niezielonych części rośliny, np. samych korzonków.

2. Asymilacja węgla przez rośliny. — Z powyższego wynika, że rozkład bezwodnika węglowego i wydzielanie zeń tlenu, odbywać się może: — 1) tylko w zielonych częściach (organach) rośliny, oraz — 2) przy bezpośrednim działaniu światła. Stąd dalej wnosić należy, że to działanie światła związane jest z obecnością w zielonych częściach rośliny jakiegoś składnika, który nadaje tym częściom rośliny

zielone zabarwienie. — Składnikiem tym jest związek chemiczny, zwany zielenią roślinną, albo chlorofilem. Znajduje się on w każdej zielonej tkance roślinnej w t. zw. ziarnach chlorofilowych (p. „Gleba“, Fig. 141). — Chlorofil jest więc tem ciałem, które współdziała w reakcji rozkładu bezwodnika węglowego, związanej z wydzielaniem zeń tlenu.

Lecz bezwodnik węglowy jest, jak wiemy, związkiem utworzonym wyłącznie tylko z 2 składników: węgla i tlenu. Jeśli roślina przy współdziale chlorofilu wydziela z bezwodnika węglowego tlen, to co się dzieje z drugim jego składnikiem, t. j. z węglem? Trudno przypuścić, by węgiel w tej reakcji wydzielać się miał jako wolny węgiel, bo węgiel wolny, t. j. niezwiązany w połączeniu chemicznym, jest łatwo dostrzegalny, jako ciało stałe, o wybitnej czarnej barwie. — Nigdzie jednak w roślinie, ani gołym okiem, ani przez mikroskop, nie widzimy, by węgiel w tej postaci w niej się wytwarzał. Wobec tego wnosić należy, że został on chemicznie przez roślinę pobrany, czyli związany z jakimś składnikiem rośliny w nowe połączenie chemiczne. A jeśli tak, to należy go szukać w tych połączeniach chemicznych, które roślina, rosnąc, w sobie gromadzi. Takich połączeń jest bardzo wiele, między innymi należą tu: cukier, skrobia, celuloza (p. n. str. 143). Rzeczywiście, ciała te — są to wszystko połączenia węglowe. O tem przekonywa nas próba z ich wyprażaniem (p. w. str. 121, Dośw. 1). W skład tych związków, oprócz węgla, wchodzi jeszcze składniki wody, jak o tem przekonamy się później (p. str. 144). A więc ostatecznie widzimy, że w tych połączeniach węglowych, wytwarzanych przez rośliny, odnajduje się węgiel, który pierwotnie wchodził w skład bezwodnika węglowego.

W myśl powyższych wywodów, proces rozkładu bezwodnika węglowego przez rośliny, przedstawia się jako całość tak:

Bezwodnik węglowy + bezwęglowy składnik rośliny (np. woda) →
→ Węgłowe połączenie roślinne + tlen.

Bezwodnik węglowy jest więc materiałem, z którego roślina czerpie węgiel na budowę swych związków węglowych. Proces ten zwie się przyswajaniem, albo *asymilacją węgla*.

Wnioski: — 1) *Rozkład bezwodnika węglowego przez rośliny prowadzi: — a) do wytwarzania się różnych połączeń węglowych (np. cukru), oraz b) do wydzielania tlenu. —*
2) *Proces ten — zwany asymilacją węgla — przebiega*

tylko: — a) przy współdziale chlorofilu; b) przy bezpośrednim działaniu światła. — 3) Bezwodnik węglowy jest dla roślin *tem jedynem źródłem, z którego czerpią one węgiel, niezbędny do wytwarzania wszelkich połączeń organicznych.*

Bezwodnika węglowego w powietrzu jest w stosunku do innych składników niewiele, zaledwie $\frac{3}{10000}$ części, t. j. 3 cm^3 na 10 *litrów* powietrza. Wystarcza to jednak dla rośliny, tak jak wystarcza niewielka zawartość tlenu z powietrza, rozpuszczonego w wodzie, dla życia zwierząt wodnych, oddychających skrzelami¹⁾. — Ze względu jednak na ogrom całej atmosfery ziemskiej, ilość zawartego w niej bezwodnika oblicza się na biljony tonn! Wystarcza więc go na wytwarzanie rok rocznie wszelkich *plodów roślinnych* (zbóż, owoców, traw i t. d.), oraz na coroczny przyrost drzew. Cała szata roślinna ziemi nie mogłaby ani powstać, ani istnieć i rozrastać się, gdyby w powietrzu bezwodnika węglowego nie było. — Przy spalaniu się różnych materiałów węglowych, np. drzewa, nafty, węgla kamiennego, tworzy się zpowrotem bezwodnik węglowy. Tak samo przy oddychaniu. — Procesy te uzupełniają straty bezwodnika węglowego w atmosferze, wynikające z asymilacji węgla w roślinach.

Pytania: — 1) Jak się przekonać, że każde ciało organiczne zawiera w sobie węgiel? — 2) Czy w powietrzu, pozbawionem zupełnie bezwodnika węglowego, może żyć roślina? — 3) Czy zawartość bezwodnika węglowego w powietrzu mieszkań jest większa, jak w powietrzu zewnątrz, i dlaczego? — 4) Dlaczego powietrze leśne jest dla oddychania lepsze, niż powietrze miejskie? — 5) Skąd zwierzęta czerpią węgiel do budowy materiału swych ciał? — 6) Skąd rośliny, żyjące pod wodą, czerpią węgiel, niezbędny do ich wzrostu?

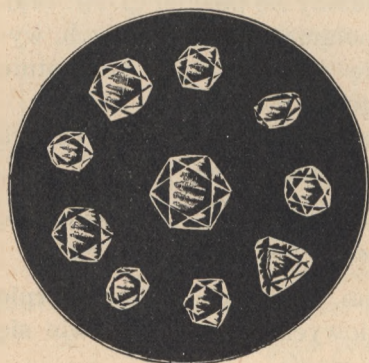


Fig. 114. Brylanty — czyli sztucznie szlifowane diamenty.

3. Węgiel jako pierwiastek. — Węgiel jako czysty pierwiastek występuje w przyrodzie bardzo rzadko, a mianowicie jako diament i grafit.

1. Diament jest to krystaliczna odmiana, spotykana niezmiernie rzad-

¹⁾ Jeden litr wody w 15° rozpuszcza 20.5 cm^3 powietrza (p. str. 63), w czem tlenu tylko 7 cm^3 , a więc 70 cm^3 tlenu w 10 *litrach* wody.

ko w postaci niewielkich bryłek. — Oszlifowany diament jest to brylant (Fig. 114). Diamenty cenione są jako najdroższe kamienie dla swej niezrównanej mocy w rozszczepianiu światła białego na tęcze barwy. Nadto diament jest najtwardszym ciałem ze wszystkich ciał. Używa się go przeto w drobnych okazach do rznięcia i szlifowania szkła, oraz innych twardych materiałów. (Pokaż). Brylanty szlifują się okrucami diamentów. — Diament topi się dopiero ok. 4000°, t. j. w temperaturze, którą tylko sztucznie, w wyjątkowych warunkach zdołano osiągnąć. — W powietrzu nie daje się spalać, a tylko w czystym tlenie. — Jako produkt spalania powstaje zeń wyłącznie czysty bezwodnik węglowy.

2. *Grafit* naturalny jest niekryształiczną odmianą węgla. — Występuje dość często, nawet w postaci złóż grafitowych (Kanada, góry Ałtaju, Cejlon). Ma wygląd szary. Dla swej odporności na działanie chemiczne i wysoką temperaturę, używa się go do wyrobu tygli. Jest to materiał miękki, dający szarą rysę, służy przeto do wyrobu ołówków.

3. *Węgle sztuczne* — otrzymuje się przez niezupełne spalanie produktów węglowych. Są to: grafit sztuczny, węgiel drzewny (Fig. 115), sadza i t. p. (p. str. 129). — Węgiel drzewny jest materiałem porowatym, jeszcze bardziej miękkiem, niż grafit. Daje się spalać w powietrzu. Paląc się, wydaje blado niebieski płomień. Dla swej niezwykle porowatej budowy nadaje się doskonale: jako materiał do sączenia (str. 55, Fig. 47) oraz do pochłaniania różnych barwików, gazów i par. Jest więc używany do filtrowania wody do picia, do odbarwiania i odkażania różnych zanieczyszczonych i woniejących cieczy (np. syropu cukrowego, wód ściekowych i t. p.), do wypełniania masek ochronnych przeciw gazom trującym i t. d. W hutnictwie ma zastosowanie do wyrobu pewnych gatunków stali oraz jako paliwo w kuźniach. W postaci sadzy używa się go do wyrobu farby drukarskiej, czernidła do butów i t. d.

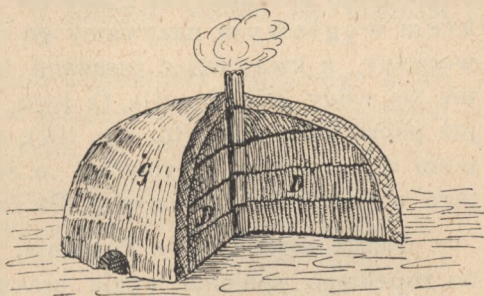


Fig. 115. Wypalanie węgla drzewnego w miele-
rzach odbywa się w braku dostatecznego dostępu po-
wietrza: D — ustawione pionowo kłody drzewa, G —
pokrywa ziemna.

4. Produkty spalania węgla. — Wiemy już (str. 46), że węgiel, spalając się w tlenie, lub w otwartem powietrzu, tworzy gaz: bezwodnik węglowy. — Gaz ten z wodą tworzy kwas węglowy (str. 51), a sole tego kwasu, czyli węglany, są niezwykle rozpowszechnione w skorupie ziemskiej, np. węglan wapnia (str. 106). — Oprócz bezwodnika węglowego jest jeszcze drugi produkt połączenia węgla z tlenem, mianowicie gaz zwany pospolicie czadem. Powstaje on z węgla lub produktów węglowych wtedy, gdy dopływ powietrza (tlenu) do rozjarzonych węgli jest niedostateczny, jak to ma miejsce przy zamknięciu zasuwy kominowej przed zupełnem wypaleniem się pieca. — W porównaniu do bezwodnika węglowego, produkt ten (czad) zawiera w sobie dwa razy mniej tlenu. Jeśli więc nazwiemy go tlenkiem węgla i oznaczymy wzorem chemicznym: CO , to bezwodnik węglowy winniśmy nazywać dwutlenkiem węgla i oznaczać wzorem: CO_2 .

Wniosek: *Istnieją dwa połączenia węgla z tlenem: —*
1) *Dwutlenek węgla CO_2 , czyli bezwodnik węglowy, oraz —*
2) *Tlenek węgla CO .*

Dwutlenek węgla CO_2 . — Jest to — jak wiemy — gaz bezbarwny, bezwodny, niepalny i nie podtrzymujący palenia. W wodzie rozpuszcza się miernie: ok. 1 litra na 1 l wody w 15° . — Bezwodnikiem węglowym nazywamy go dlatego, że z wodą tworzy kwas węglowy, a kwas ten z zasadami tworzy sole: węglany (Mącenie się wody wapiennej!). O jego otrzymywaniu z węglanów była już poprzednio mowa (p. str. 107), o jego roli w rozpuszczaniu wapieni w przyrodzie — również (p. str. 110), a tak samo o obecności jego w powietrzu i znaczeniu dla życia roślin (p. str. 122—124).

Tlenek węgla CO . — Powstaje, jak wspominaliśmy, wtedy, gdy do zupełnego spalania węgla brakuje tlenu, a węgiel jest jeszcze rozjarzony, a więc zawsze przy spalaniu węgla w niedostatecznym dopływie powietrza. — Jest to gaz również bezbarwny, w wodzie znacznie mniej rozpuszczalny niż dwutlenek: zaledwie 25 cm^3 na 1 litr wody. — Z wodą nie łączy się bezpośrednio, a więc nie tworzy żadnego kwasu. — Natomiast jako produkt niezupełnego spalania węgla, sam jest palny, a więc łączy się z tlenem, w myśl reakcji: $CO + O \rightarrow CO_2$. Płomień palącego się tlenku węgla jest bladoniebieski, nie kopący. Zmieszany z powietrzem, może wytworzyć mieszaninę wybuchającą. — Jest niezwykle trujący. Jego zawartość nawet w ilości

$\frac{4}{1000}$ części powietrza wywołuje zawrót głowy, wymioty, a dłuższe oddychanie nim spowodować może śmierć. Stąd niebezpieczne jest przedwczesne zatwierdzenie zasuw piecowych, stąd też liczne otrucia gazem świetlnym (p. n. str. 129), w którym tlenek węgla (w ilości 8%) zawsze się znajduje.

Pytania: — 1) Jakie własności wyróżniają tlenek od dwutlenku węgla? — 2) Dlaczego bezwodnik węglowy nazywa się inaczej dwutlenkiem węgla? 3) Skąd pochodzi czad w żelazkach węglowych do prasowania? 4) Do czego się używa węgla sztucznych i jakich? 5) Czy w mielerzu dopływ powietrza jest potrzebny?

5. Węgle kopalne. — Materiał kopalny, który pospolicie i wszędzie używa się do opalania mieszkań, pieców fabrycznych, lokomotyw i t. d., podobnie jak i drzewo, nie jest węglem czystym, choć nieraz ma pozór czystego węgla, np. *węgiel kamienny*. Przekonywa nas o tem próba spalania jakiegokolwiek materiału opałowego: np. drzewa, torfu, węgla kamiennego. Zawsze obok bezwodnika węglowego CO_2 powstaje tu także para wodna, co łatwo sprawdzić, ustawiając nad płomieniem tych materiałów zimny kubek szklany: na ścianach kubka tworzy się rosa. A więc oprócz węgla, jako pierwiastka *C*, w skład tych materiałów wchodzi wawsze: wodor *H*, a nadto jeszcze i inne pierwiastki, jako to: tlen *O*, azot *N*. — Są to te same pierwiastki, z których składa się materiał związków organicznych (str. 122).

Z ilości powstałego przy spaleniu bezwodnika węglowego łatwo obliczyć zawartość samego węgla w spalonej ilości danego materiału węglowego. W ten sposób stwierdzono, że:

Drzewo suche zawiera samego węgla	$C = \text{ok. } 45\%$
Torf (zależnie od stopnia wysuszenia)	$C = 45-60\%$
Lignit (węgiel brunatny)	$C = 60-70\%$
Węgiel kamienny	$C = 70-80\%$
Antracyt	$C = \text{ok. } 95\%$

6. Sucha destylacja materiałów węglowych. — Jest to proces, który polega na wyprażaniu materiału węglowego bez dostępu powietrza. — Już poprzednio stosowaliśmy go do zwęglania różnych ciał organicznych, jak to: cukru, papieru, skóry, białka (str. 121). Obecnie powtórzmy to samo z drzewem i węglem kamiennym, jako temi materiałami, które metodą suchej dystylacji są przerabiane fabrycznie.

1. *Sucha dystylacja drzewa.* — W większej próbówce z trudno topliwego szkła, opatrzonej korkiem z rurką odwodzącą (Fig. 116), umieszczamy kilkanaście gramów suchego drzewa startego, w postaci trocin. Ogrzewanie próbówki prowadzimy stopniowo, wzmacniając coraz bardziej. — Wnętrze próbówki wypełniać się poczyna brunatnymi dymami, a u góry jej osiadają krople mazistej cieczy. Przez pochylenie próbówki ku przodowi można je zebrać w postaci warstewki płynu. Z rurki odwodzącej uchodzi gaz. Zbieramy go do małego walca (próbówki), ustawionego w wanience pneumatycznej, albo też wprost zapalamy u wylotu rurki. — Po pewnym czasie proces ten ustaje: wyprażanie skończone, a zawartość próbówki przedstawia czarną, porowatą masę, która nie ulega dalszemu rozkładowi. Jest to już tylko węgiel, a mianowicie „węgiel drzewny”. — Jako wynik doświadczenia stwierdzamy przeto tworzenie się: — 1) gazu palnego, — 2) ciekłych mazistych produktów oraz — 2) węgla.

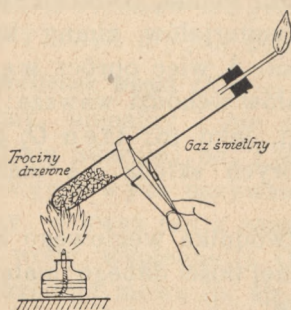


Fig. 116. Drzewo — prażone silnie bez dostępu powietrza, wytwarza: 1) gazy palne (gaz świetlny); 2) produkty ciekłe (smol), 3) węgiel drzewny.

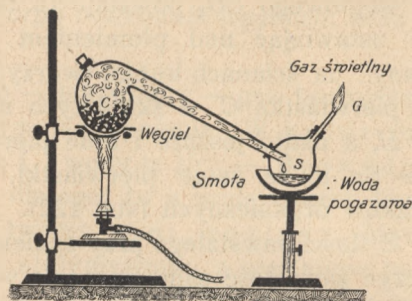


Fig. 117. Węgiel kamienny, prażony bez dopływu powietrza, rozkłada się z wytworzeniem: 1) gazu świetlnego, 2) wody pogazowej, 3) smoły, 4) koksu.

2. *Sucha dystylacja węgla kamiennego.* — Doświadczenie z prażeniem węgla kamiennego przeprowadzmy nieco odmiennie, a mianowicie tak, aby można było zebrać większą ilość produktów ciekłych. — W tym celu zamiast próbówki użyjemy małej $\frac{1}{4}$ -litrowej retorty, a wylot jej opatrzymy odbieralnikiem, wstawionym do rurki z zimną wodą, jak na Fig. 117. — Okaże się, że sam przebieg dystylacji będzie tu zupełnie podobny do poprzedniego. Przekonamy się również, że i tym razem dystylacja doprowadza do wytwarzania się produktów: gazowych, ciekłych i stałych. Produktami temi są: —

1) gaz palny — zwany gazem świetlnym; 2) ciecz smolista — jest nią smoła pogazowa; 3) ciecz wodnista — zwana wodą pogazową; 4) i jako pozostałość ciało stałe — koks.

3. *Wydajność i jakość surowych produktów suchej dystalacji.* — Z wyjątkiem produktów stałych — koksu i węgla drzewnego, które są prawie czystym węglem — wszystkie inne produkty, otrzymywane tą drogą z rozmaitych materiałów węglowych, są to mieszaniny. Przekonano się, że mieszaniny te złożone są z najrozmaitszych połączeń węglowych (p. n. str. 120), a ich jakościowy skład w wysokiej mierze zależy od rodzaju (gatunku) pierwotnego materiału poddanego procesowi suchej dystalacji. A więc inny jest skład chemiczny gazu, wytworzonego z drzewa, a inny — z węgla kamiennego. Tak samo smoły i wody pogazowe, otrzymane np. z drzewa, torfu, węgla brunatnego, węgla kamiennego i t. p. — różnią się wybitnie składem, zawartych w nich związków chemicznych. — Również i wydajność surowych produktów, t. j. gazu, wody, smoły, i węgla — jest dla różnych materiałów rozmaita, jak o tem świadczy przykładowo następująca tablica:

100 kg	m ³ gazu	kg smoły	kg wody pog.	kg koksu, węgla
Drzewo	20—25	3—9	35—45	20—30
Torf	17—18	5—6	52—53	25—26
Węgiel kam.	30—31	6—7	95—10	64—65

Wnioski: — 1) *Sucha dystalacja jest to proces, wywołany prażeniem materiałów węglowych bez dostępu powietrza.* — 2) *Proces ten prowadzi do rozkładu materiału organicznego i wytwarzania zeń: a) gazowych produktów (gazu świetlnego); b) produktów ciekłych (wody i smoły pogazowych); c) pozostałości stałej (koksu, węgla drzewnego i t. d.).*

7. *Produkty suchej dystalacji węgla kamiennego. — Gaz świetlny.* — Jest to produkt chemicznie niejednorodny. Składa się przeważnie z następujących gazów: 1) wolnego wodoru H ok. 50%, — 2) metanu (p. str. 136) ok. 30%, — 3) tlenku węgla CO ok. 8%, oraz — 4) drobniejszych ilości kilku jeszcze składników, jakeimi są głównie: etylen, acetylen, siarkowodór. — Gaz świetlny posiada

swoistą nieprzyjemną woń. — Spala się płomieniem świecącym. Zmieszany z powietrzem w odpowiednim stosunku tworzy mieszaninę wybuchającą. Należy przeto zachować ostrożność przy jego używaniu i nie zapalać zapałki w lokalu, gdzie się daje odczuwać obecność tego gazu. — Nadto jest on trujący, co pochodzi od zawartości w nim tlenu węgla CO . — W przypadku uchodzenia gazu przez nieostrożnie otwarty kurek lub pęknięcia rurki kauczukowej, doprowadzającej gaz do kuchenki, należy przedewszystkiem otworzyć okna i pokój dokładnie przewietrzyć.

Gaz świetlny jest doskonałym materiałem opałowym. Spalenie $1 m^3$ gazu tego wydaje bowiem tyle ciepła, ile otrzymuje się z $2 kg$ dobrego węgla kamiennego.

Woda pogazowa. — Jest to produkt natury zasadowej, t.j. reaguje jako zasada. Woda pogazowa zawiera w sobie różne połączenia, między innemi t. zw. związki amonowe. Przez zadanie wapnem gaszonem i następną dystalację z wody pogazowej otrzymuje się amonjak. (Próba). — Amonjak jest gazem o niezwykle wielkiej rozpuszczalności w wodzie (p. str. 63). Wobec tego wysyca się nim wodę, a roztwór stąd powstały jest bardzo ważnym produktem, mającym wielorakie zastosowanie.

Smółka pogazowa — przedstawia czarną oleistą ciecz. Poddana dalszej przeróbce stanowi źródło ogromnej liczby cennych przetworów. Drogą dystalacji otrzymuje się z niej: benzol, naftalinę, kw. karbolowy i bardzo wiele innych produktów, z których wyrabia się następnie środki dezynfekcyjne i lecznicze oraz liczne barwiki i ciała wybuchowe.

Koks — jest to produkt stały, o największej zawartości węgla, ok. 97% (C), i jako taki przedstawia najcenniejszy materiał opałowy. Ma ogromne zastosowanie w hutnictwie, szczególnie do wyrobu żelaza jako środek odtleniający (p. „wielki piec“ str. 94). Do użycia w zwykłych piecach mieszkaniowych, jako materiał rozpalający się trudno i wymagający silnego dopływu powietrza, nie jest pospolicie używany.

Pytania: — 1) Jaki jest skład chemiczny ważniejszych materiałów węglowych? — 2) Czy koks może ulegać suchej dystalacji? — 3) Jaki jest skład gazu świetlnego? — 4) Dlaczego jest on niebezpieczny? — 5) Z czego otrzymuje się amonjak, a z czego benzol, karbol, naftalinę?

8. Fabrykacja koksu i gazu świetlnego. — 1. *Gazownie.* —

Do wyrobu gazu świetlnego na wielką skalę służą zakłady fabryczne, zwane gazowniami. Ma to miejsce przeważnie w większych miastach, lub w większych ośrodkach fabrycznych, gdzie zapotrzebowanie gazu do celów oświetlania, lub do opalania — jest znaczne. Niemniej jednak gazownie są również wytwórniami wszystkich innych surowych produktów suchej dystylacji węgla kamiennego, a więc: wody pogazowej (stąd amonjaku), smoły pogazowej (stąd benzolu, środków dezynfekcyjnych i t. d.) oraz koksu. — W szczególności przy hutach żelaza zakładane są gazownie dla wyrobu koksu, niezbędnego do wytapiania surowca w wielkich piecach (p. str. 94). — Noszą one wtedy nazwę koksowni. Zarówno wyrób dobrego koksu, jak i dobra wydajność gazu świetlnego zależy w wysokiej mierze od gatunku węgla kamiennego. Są węgle łatwo i trudno „koksujące”. Tylko te ostatnie są przydatne do użytku w gazowniach. Są to t. zw. „węgle tłuste”. — Węgla tłustych w Polsce dostarczają kopalnie śląskie. Huty w zagłębiu dąbrowskiem sprowadzają koks z koksowni Śląska.

Prażenie węgla kamiennego w gazowniach i koksowniach przeprowadza się w ogniotrwałych retortach. Są to duże pionowo lub poziomo ustawione cylindry żelazne, wmurowane w odpowiednie piece. Pojemność jednej retorty wynosić może zwyż 5000 *kg* węgla. Retorty te są ogrzewane z zewnątrz do temperatury białego żaru, a więc powyżej 1000° C. — Wytwarzające się w retortach pary produktów ciekłych wraz z gazem uchodzą do szeregu odbieralników (kondensatorów) i oczyszczaczy, gdzie odbywa się ich rozdział. — Ochłodzony i oczyszczony gaz przechodzi następnie do wielkich zbiorników, zwanych gazometrami. Są to ogromne klosze z blachy żelaznej, o pojemności np. 10000 *m*³, zanurzone otwartą podstawą w basenie wodnym. Zebrany w tych zbiornikach gaz pod naciskiem, przekraczającym tylko nieznacznie ciśnienie barometryczne, może być wpuszczony do rur, które ze zbiornika wychodzą. Te rury gazowe w miastach są prowadzone zwykle podziemnie wzdłuż ulic z licznymi rozgałęzieniami do domów i latarni.

Pierwsze gazownie założone zostały w Anglii z końcem XVIII w. Pierwszem miastem, którego ulice oświetlono gazem, był Londyn (1814). — Z polskich miast pierwsze oświetlenie gazowe otrzymały: Warszawa w 1856 r, Kraków i Lwów 1858 r.

2. *Czem jest płomień?* — Użycie gazu świetlnego jest ściśle związane ze sposobem jego spalania. Gazy a tak samo pary ciał

palnych spalają się nie inaczej, jak z wytworzeniem płomienia. — Chodzi więc o to, by ten płomień był jak najodpowiedniejszy do danego celu, np. swym kształtem, swą siłą świecenia, lub mocą ogrzewania. — Od czego to zależy?

Wiemy, że każdy płomień grzeje, a więc jest mniej lub więcej gorący. Wiemy też, że niektóre płomienie są świecące, np. płomień świecy, lampy, zapalniczki benzynowej. Ale znamy też płomienie nieświecące, albo słabo świecące, jak np. płomień wodoru (p. str. 74), płomień lampki spirytusowej. — Bez powietrza, dokładniej bez tlenu powietrza, płomień wogóle wytworzyć się nie może. By płomień mógł powstać, muszą być w styczności ze sobą: — 1) i gaz lub para palnego ciała, — 2) i powietrze. Nadto ciała te trzeba zapalić, t. j. ogrzać silnie w jednym przynajmniej miejscu, co — jak wiadomo — spowodować może nawet drobna iskierka, wyrzucona z krzesiwka zapalniczki lub słaby wybuch materjału, zawartego w główce zapałki. — Gdy płomień zaistnieje — przedstawia on sobą gorejącą przestrzeń gazową, odgraniczoną wyraźnie od powietrza.

Skąd pochodzi świecenie płomienia? Stwierdziliśmy poprzednio (p. str. 121), że świecące płomienie mogą w pewnych warunkach „kopcić“. Kopcenie jest to wydzielanie się sadzy, a sadza jest niczem innem, jak niezmiernie rozdrobnionym węglem. A więc wewnątrz świecącego płomienia istnieć musi niespalony jeszcze węgiel, w postaci drobnutkich cząstek. Mógł on powstać jedynie przez chemiczny rozkład płonącego ciała, spowodowany wysoką temperaturą, a nie spalił się dlatego, że do wnętrza płomienia otaczające go powietrze nie ma dostępu. Ten dostęp możliwy jest tylko z powierzchni płomienia, a więc w jego warstewce granicznej. — Tu dopiero może nastąpić reakcja całkowitego utleniania rozjarzonych cząstek węgla, a co za tem idzie — ich zupełny zanik.

Wnioski: — 1) *Świecenie zwykłego płomienia powodują obecne w jego wnętrzu niespalone a rozjarzone cząsteczki węgla.* — 2) *Ich ostateczne spalenie odbywa się tylko w zewnętrznej cienkiej warstewce takiego płomienia.*

3. *Płomień i palnik Bunsena.* — Opisane powyżej właściwości płomienia odnoszą się do płomienia zwykłego, jakim jest np. płomień gazu wolno wypływającego z wylotu kurka, płomień lampy naftowej, świecy lub płomień zapałki. — Odmiennym natomiast typem płomienia jest płomień wytwarzany sztucznie w specjalnych palnikach, zwanych palnikami Bunsena.

Palnik Bunsena ma konstrukcję następującą. — W nasadzie jego (Fig. 118) znajduje się przewód, którym gaz wchodzi. Przewód ten zakończony jest wąskim wylotem *u*. Z boków tego wylotu w ruchowym bębnie palnika znajdują się okienka *o*, które przez pokręcenie bębna mogą być zamknięte lub pozostawione otworem. — Z tą częścią palnika łączy się dłuższa i szersza rurka *k*, zwana kominkiem. — Gdy okienka w bębnie palnika są otwarte, strumień gazu, uchodzącego wylotem *u*, poryz sobą powietrze. W kominku tworzy się więc mieszanina powietrza z gazem. — Mieszanina ta zapalona u wylotu kominka daje płomień, który przedstawia Fig. 119 *B*. Jest to właśnie płomień Bunsena. — Wyróżnia

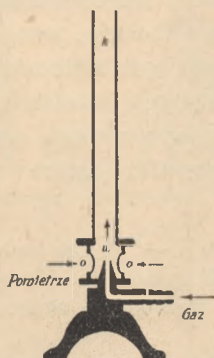


Fig. 118. Palnik Bunsena — w przekroju.

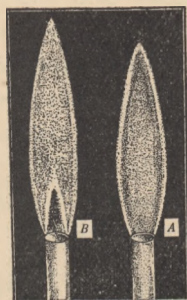


Fig. 119. Płomień palnika Bunsena: *B* — przy otwartym dostępie powietrza, *A* — bez dostępu powietrza.

się on następującymi własnościami: 1) nie świeci, 2) nie jest w całym swym wnętrzu jednorodny. Widzimy w nim dwie części: — a) wewnętrzną w postaci stożka, odznaczającego się słabym zielonawym zabarwieniem, — b) stożek zewnętrzny, przy dziennym świetle ledwie widoczny. — W stożku wewnętrznym panuje stosunkowo niska temperatura (ok. 300°), niema tu jeszcze spalania się gazu. Natomiast stożek zewnętrzny wykazuje bardzo wysoką temperaturę, dochodzącą 1700°, daleko wyższą, niż temperatura wnętrza zwykłego płomienia świecącego. — W całej przestrzeni stożka zewnętrznego odbywa się całkowite spalanie gazu, gdyż wmieszane do gazu powietrze zapewnia potrzebną do tego ilość tlenu. Taki płomień świecić więc nie może, bo niema w nim cząstek niespalonego węgla. — Przez zakręcenie otworów bębna w płomieniu palnika występuje raptowna zmiana: płomień staje się świecący, jednorodny, jak na Fig. 119 *A*.

Użycie palników Bunsena jest wielostronne, albowiem spalanie gazów przy ich pomocy jest najbardziej korzystne, ze względu na wysoką temperaturę wytwarzanego przez nie płomienia. — Stąd palniki te mają niezaprzeczalne pierwszeństwo w aparatach służących do celów ogrzewania, jakimi są np. zwykle kuchenki

i piecyki gazowe oraz wielkie instalacje w kotłowniach, opalanych gazem. — Ale również i do celów oświetlania mają one wyższość przed innymi, gdyż nieświecący, ale bardziej gorący płomień bunsenowski — może być użyty do silniejszego rozjarzenia wprowadzanego doń ciała obcego, np. drucika platyny. Wtedy świeci nie sam płomień, lecz to obce, wprowadzone doń ciało. — Takim światłem żarowem jest właśnie światło, zwane światłem Auera, w którym ciałem żarzącym się jest siateczka, wytworzona z popiołu, zawierającego tlenki pewnych rzadkich pierwiastków. Siateczkę tę rozżarza płomień bunsenowskiego palnika, który sam jako taki nie świeci. — Stąd światło Auera zwie się światłem żarowogazowem.

Pytania: — 1) Czy spalanie magnezu (p. str. 47) wytwarza płomień, a jeśli nie — to dlaczego? — 2) Skąd pochodzi płomień nafty, świecy, zapalki — skoro nie są to ciała gazowe?

9. Pochodzenie i występowanie węgla naturalnych. — Torf znajduje się zwykle na powierzchni ziemi lub co najwyżej pod osłoną niegrubej ziemistej warstwy. Zalega warstwami niekiedy parę metrów grubymi. Jest niewątpliwie pochodzenia organicznego. Jest to masa brunatna, złożona ze szczątków drobnych roślin, w szczególności mchów, przepojona wodą i zmieszana mniej lub więcej z ziemią. Pokłady torfu wytwarzały się w ten sposób, że na obumarłych z lat poprzednich warstwach mchów wyrastały wciąż nowe warstwy. Torf tworzy się i dziś jeszcze w okolicach bagnistych.

Lignit, czyli węgiel brunatny, jest również produktem kopalnym i również roślinnego pochodzenia. Ma budowę zwęglonego drewna, co można niekiedy z łatwością obserwować nawet gołym okiem. Są to niewątpliwie szczątki roślinne, które w ciągu długich okresów czasu odcięte od dostępu powietrza uległy pod osłoną osadowych warstw częściowemu zwęgleniu, nierzadko zachowały jednak widoczną budowę drewna. — Pokłady lignitu zalegają w skałach osadowych stosunkowo młodych, niekiedy tuż pod powierzchnią ziemi.

Węgiel kamienny — zalega pokładami zgodnie ułożonemi do uwarstwienia skał osadowych, w których występuje (Fig. 121). Wykazuje wybitną łupliwość w kierunku uwarstwienia. (Pokaż). Na odłupanych powierzchniach widoczne są często odciski drewna i liści (p. w. str. 119, Fig. 111), które niewątpliwie pochodzą od roślin, dziś już na ziemi nie istniejących: ogromnych palm, araukaryj,

widłaków i skrzypów. — Fig. 120 przedstawia zwęglony pień kalamitu. Szczątki tych roślin wytworzyły materiał, z którego powstał węgiel kamienny. Zwęglenie tego materiału drzewnego zaszło tu tak daleko, że wytworzyła się zeń czarna masa krucha, nie

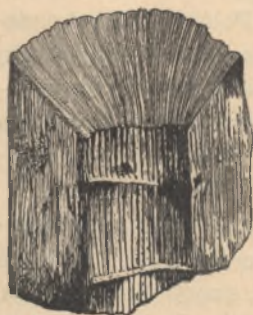


Fig. 120. Kawalek bryły węgla kamiennego, przedstawiający budowę pnia kalamitu.

zdradzająca już nawet dawnej budowy drewna roślinnego. Wiemy jednak, że chemicznie nie jest to czysty węgiel, lecz materiał, w którym obok wodoru *H*, tlenu *O*, azotu *N*, siarki *S* — przewagę największą (70 — 80%) stanowi węgiel *C* (p. str. 128).

Epoka, w której powstały złoża węgla kamiennego, jest jedną z najdawniejszych epok skorupy ziemskiej. Nosi ona nazwę epoki węglowej. Epoka ta sięga wstecz na setki milionów lat. Dziś pokłady węgla kamiennego zalegają głęboko pod pokładami późniejszych geologicznych epok i rzadko kiedy wychodzą bliżej ku powierzchni ziemi. Pokłady węgla kamiennego składają się najczęściej nie z jednej, lecz z szeregu warstw węglowych, przedzielanych warstwami łupkowatej skały niewęglowej (Fig. 121). Oddzielne

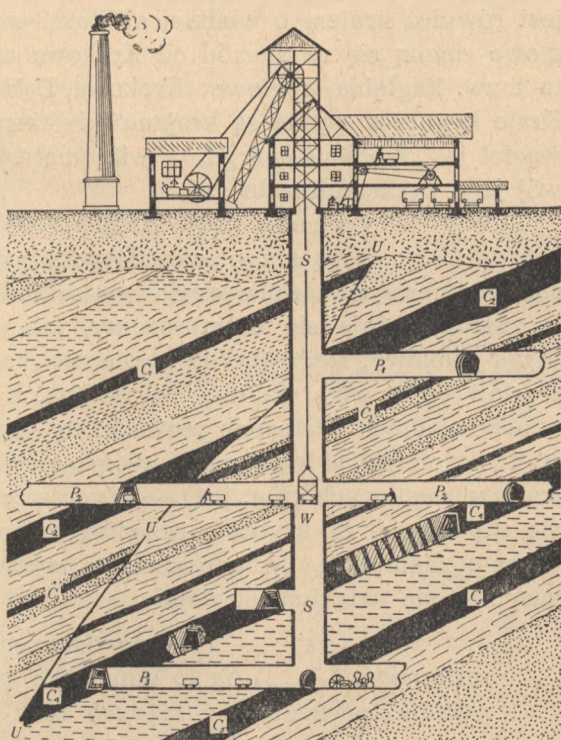


Fig. 121. Kopalnia węgla kamiennego w przekroju: *S* — szyb główny pionowy, *P*₁, *P*₂, *P*₃ — sztolnie, czyli chodniki poziome, od których wychodzą pochylnie — w kierunku upadu warstw węglowych *C*₁, *C*₂, *C*₃ i t. d. *U* — uskok, czyli linja przesunięcia się warstw skalnych.

warstwy węglowe bywają rozmaitej grubości (miąższości), od kilkunastu centymetrów do kilku lub kilkunastu metrów i więcej.

Występowanie węgla kamiennego jest powszechne we wszystkich częściach kuli ziemskiej. W Europie najbogatsze pokłady węglowe znajdują się w Anglii, Niemczech, Belgii i Francji. Polska jest również krajem o wielkiej obfitości węgla. Polskie pokłady węglowe ciągną się na zachód od Krakowa aż do granic Państwa. Są to t. zw. Zagłębia węglowe: Krakowa, Dąbrowy i Śląska Górno. — Kraje bogate w węgiel są krajami wielkiego przemysłu, dla którego węgiel jest źródłem energii, a więc materiałem utrzymującym rozwój jego życia kulturalnego.

Wydobywanie węgla kamiennego przeprowadza się w sposób górniczy drogą t. zw. „odbudowy“, podobnie jak soli i różnych rud. Najpierw na terenie węglowym zakłada się „szyb“ (p. Fig. 121), to znaczy buduje się ocembrowany, jak w studniach, prostokątny otwór pionowy, sięgający od powierzchni aż do głębokości pokładów węglowych, a więc niekiedy do 1000 m, a nawet i więcej. Z szybu w odpowiednich odstępach prowadzi się poziome tunele, czyli chodniki (sztolnie). Od tych znów t. zw. *p o c h y l n i e* w kierunku „upadu“ warstw węglowych (Fig. 121). — Wydobyty z kopalni materiał zwozi się chodnikami do szybu, a przez szyb zapomocą windy wyciąga się go na powierzchnię. Odbudowane, t. j. wybrane z węgla przestrzenie zasypuje się natychmiast ziemią.

Wnioski: — 1) *Wszystkie węgle kopalne są pochodzenia roślinnego.* — 2) *Są to mniej lub więcej zwęglone materiały roślinne, pochodzące z różnych epok geologicznych.* — Najstarszemi są węgle kamienne i antracyt.

2. Węglowodory.

1. Metan, czyli gaz błotny. — 1. *Własności i skład.* — Gaz błotny jest to produkt, wytwarzający się w każdym niemal bagnistym zbiorniku wody, np. w zarośniętych stawkach, większych rowach o stojącej wodzie i t. p., a więc tam, gdzie na dnie wody zbierają się i gniją różne odpadki roślinne. — Przy poruszeniu dna takiego bagienka wydobywa się gaz ten bańkami. Można go z łatwością zebrać do odpowiedniego słoja (Fig. 122) i sprawdzić, że jest to gaz bezbarwny, bezwonny, palący się słabo świecącym płomieniem. — Przy spaleniu wydaje on wyłącznie tylko bezwodnik węglowy i parę wodną.

Przekonywa nas o tem próba z wodą wapienną, oraz wytwarzanie się rosy na wewnętrznych ścianach suchej szklanki, ustawionej nad płomieniem palącego się gazu (Fig. 123). — Gaz błotny jest więc wyłącznie związkiem węgla C z wodorem H , czyli węglowodorem. — Jest on przytem najprostszym węglowodorem. Jest to metan.

Metan z powietrzem tworzy mieszaninę, która zapala się wybuchowo, podobnie jak mieszaniny wodoru (str. 73) albo gazu świetlnego (str. 130) z powietrzem.

2. *Gaz ziemny*, albo naftowy, wydobywający się z pokładów skalnych, w szczególności z otworów wywierconych w pokładach nafto- nośnych (p. n. str. 141), jest również albo czystym metanem, albo składa się głównie z metanu. — Obfitość gazu tego bywa niekiedy tak wielka, że jeden otwór wiertniczy (szyb) wydawać może po kilkaset i więcej metrów sześciennych gazu na minutę. — W Polsce występuje on po- spolicie na terenach naftowych Podkarpacia (Borysław, Daszawa, Jasło, Krosno, Bitków i t. d.). Uchwycony u wylotu szybu do rur odwodzących, zostaje przeprowadzany ru- rociągiem, niekiedy kilkadziesiąt kilometrów długim, do miejsc zużytkowania. Jako zna- komity środek opałowy jest niezwykle przy- datny do celów fabrycznych, np. opalania hut szklanych, cegielni, elektrowni i t. d. Jego obfitość może być dodatnim czynni- kiem w uprzemysłowieniu kraju (np. Pensylwanja w Stanach Zjedn.).

3. *Gaz kopalniany* — jest również gazem, złożonym z metanu. Występuje najczęściej w kopalniach węgla kamiennego, gdzie bywa nierzadko przyczyną groźnych wybuchów i pożarów (dlaczego?), Należyte i nieustające wietrzenie takich kopalni jest głównym środ- kiem zapobiegawczym.

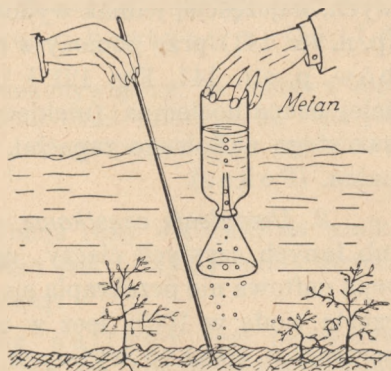


Fig. 122. Metan, czyli gaz błotny, wytwa- rza się z gnijących resztek roślinnych pod wodą.

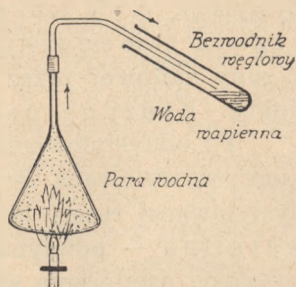


Fig. 123. Metan spala się na parę wodną i bezwodnik węglowy.

2. Ropa naftowa. — *1. Własności ogólne.* — Ropa naftowa, zwana też olejem skalnym, jest naturalnym produktem, występującym niekiedy samoczynnie w postaci drobnych źródełek naftowych, najczęściej jednak wydobywana bywa z pokładów roponośnych (p. n. str. 141) przy pomocy w tym celu wywiercanych otworów (szymbów, p. str. 141, Fig. 121 i 125). — Jest to oleista ciecz, najczęściej brunatnociemna (niekiedy prawie czarna), lżejsza od wody, swoistego naftowego zapachu, w wodzie nierozpuszczalna, łatwo zapalna. (Pokaż).

2. Dystylacja cząstkowa. — W przeciwieństwie do czystej wody, lub innych czystych cieczy, np. bezwodnego alkoholu, eteru i t. d., ropa naftowa nie przekrapla się w jakiejś stałej temperaturze (jak np. czysta woda w 100°), lecz w miarę odparowywania wre ona w temperaturach coraz to wyższych, np. od 80 do 300° i wyżej. — Świadczy to, że ropa naftowa jest produktem złożonym, a więc mieszaniną różnych i to wielu ciał. Jeśli wytwarzającą się podczas wrzenia z ropy naftowej parę będziemy skrapiali w chłodnicy aparatu dystylacyjnego (Fig. 56), a skroplony produkt będziemy odbierali porcjami, np. w granicach co 20°, lub 50°, natenczas cały dystylat rozbity zostanie na oddzielne części, mające coraz to wyższe temperatury dystylacji. — W ten sposób przeprowadzona dystylacja mieszanin zwie się dystylacją cząstkową albo frakcjonowaniem. — Z ropy naftowej przez frakcjonowanie otrzymuje się rozmaite produkty: benzynę, naftę, oleje smarowe i t. d. (p. n. str. 139).

Po oddystylowaniu powyższych produktów z ropy — pozostaje nieprzedystylowana reszta. Z pewnych gatunków ropy z tej nieprzedystylowanej reszty można wydobyć jeszcze dalsze cenne produkty: waselinę — półpłynną oraz skrzeplą parafinę. W rezultacie pozostaje ostatecznie smoła a także jako stały produkt — koks.

3. Skład chemiczny ropy. — Ropa naftowa spala się wyłącznie na bezwodnik węglowy i parę wodną. Stwierdzić to można przez spalenie małej ilości ropy, zawartej w kawałku nasiąkniętego nią knota, pod lejkiem z odwodzącą rurką (Fig. 123). Na wewnętrznej ścianie lejka powstanie rosa, t. j. woda; otworem lejka uchodzi do próbówki gaz, który z wodą wapienną wytwarza osad. Jest to więc bezwodnik węglowy. — Ten sam wynik daje spalenie benzyny (np. z zapalniczki benzynowej), nafty i innych produktów dystylacji ropy (p. n. str. 139).

Wnioski: — 1) *Metan jest gazowym węglowodorem*; jest to węglowodór najprostszy. — 2) *Ropa naftowa jest ciekłą mieszaniną różnych węglowodorów*. — 3) *Zapomocą cząstkowej dystylacji ropa naftowa rozdzielić się daje na co* — raz to wyżej wrzące produkty, jako to: benzynę, naftę i t. d.

Pytania: — 1) Jak się przekonywujemy, że metan i ropa naftowa są to węglowodory? — 2) Skąd wnosimy, że ropa jest mieszaniną węglowodorów? — 3) Jakiego pochodzenia jest metan, wytwarzający się jako gaz błotny?

3. Produkty naftowe. — Dystylacja ropy naftowej na wielką skalę odbywa się w fabrykach. Jej celem jest otrzymywanie różnych produktów przemysłowych. — Tu należą:

Eter naftowy i benzyna. — Eter naftowy jest pierwszym dystylatem, który odbiera się w temp. od 45—70°. Bezbarwna ciecz, b. lotna, b. łatwo zapalna. — Benzyna dystyluje się wyżej: w granicach 70—120°. Jest to produkt, służący do pędzenia motorów, t. zw. eksplozyjnych, jak np. w samochodach, samolotach i t. p. Wobec rozwoju automobilizmu i lotnictwa jest niezwykle poszukiwanym produktem. Stąd gatunki ropy naftowej, bogatej w benzynę, są bardziej cenione.

Zastosowanie benzyny do tego rodzaju motorów polega na jej zdolności szybkiego parowania już w niskiej temperaturze. Para benzyny z powietrzem tworzy mieszaninę wybuchającą. Przy jej spalaniu się w cylindrze motoru po wybuchu wytwarza się b. wysoka temperatura, a stąd wielka prężność ściśniętych pod tłokiem gazów. Prężnością tą jest właśnie poruszany tłok motoru. — Ta wielka lotność benzyny i wybuchowość jej par zmieszanych z powietrzem, wymagają ostrożnego z nią obchodzenia się. W szczególności, gdy benzyny używa się do prania, wywabiania plam i t. d., nie należy robić tego przy zapalanej lampie lub świecy, a tem bardziej zbliżać się do niej z ogniem. Zapalonej benzyny, tak samo jak nafty, nie można ugasić wodą, gdyż ciała te, jako lżejsze od wody, odrazu wypływają na jej powierzchnię i palą się dalej.

Nafta — jest to produkt, który przekrapla się z ropy w granicach temp. 150—300°. — Jeśli nafta jest dokładnie oddzielona od benzyny, nie zapala się łatwo. Stwierdzić to można, rzucając płonącą zapalną do małej ilości nafty w miseczkę: zapalka zgaśnie. Nafty używa się przeto głównie do oświetlania w lampach knotowych.

Pierwsza lampa naftowa skonstruowana została stosunkowo niedawno (w 1853 r.) przez polskiego chemika Łukasiewicza.

Oleje naftowe — dystalują się z ropy dopiero powyżej 300°, t. j. gdy odejdą z niej pary benzyny i nafty. — Są to produkty najmniej lotne, a przez to trudno zapalne. W stanie rozpylonym w powietrzu tworzyć mogą jednak mieszaninę wybuchającą, wobec tego mają zastosowanie do popędu motorów t. zw. spalinowych (ropnych). Głównie zużytkowane są jako smary, oraz do wyrobu waseliny i parafiny.

Parafina i waselina. — Parafina jest to produkt krystaliczny, zawarty w oleju naftowym pewnych gatunków ropy (np. Borysławskiej). W stanie wolnym otrzymuje się przez wymrożenie pewnego gatunku oleju parafinowego i oddzielenie powstałej stąd krystalicznej masy przez jej wyciśnięcie (wyprasowanie). Parafiny używa się głównie do wyrobu świec. — Pozostały po oddzieleniu parafiny olej, daje waselinę. Jest to produkt półciekły, używany jako smar.

Gudron i koks. — Po oddystylowaniu z ropy wszystkich olejów smarowych, pozostaje jeszcze reszta, która już dalej pod ciśnieniem zwykłym dystalować się nie daje. Jest to t. zw. gudron, czyli smoła naftowa. — Z gudronu przez wyprażenie powstaje koks naftowy, przedstawiający już prawie czysty węgiel.

4. Występowanie i wydobywanie ropy naftowej. — 1. *Roponośne pokłady skalne* znajdują się we wszystkich częściach kuli ziemskiej. — Najbardziej obfite w ropę i gazy naftowe są tereny: Ameryki — Stany Zjednoczone, Meksyk; w Azji — Mezopotamja, wyspy Sumatra, Borneo, Japonja; w Europie — okolice morza Kaspjskiego (Baku), oraz tereny karpackie w Rumunji i Polsce. — Są to przeważnie pokłady piaskowcowe. Zalegają one pod innemi warstwami nieraz bardzo głęboko, do 2000 m i więcej. Im są płycej, tem wydobywanie ropy jest łatwiejsze, jak np. w Baku. Nasze obecnie eksploatowane pokłady naftonośne znajdują się przeważnie na znacznych głębokościach: 1000—1500 m i więcej, np. w Borysławiu. — Pokłady naftonośne w Polsce ciągną się wzdłuż całego Podkarpacia: od Dunajca po Prut. Nie wszędzie jednak są już odkryte i eksploatowane.

2. *Pochodzenie oleju skalnego.* — Ropa naftowa jest najprawdopodobniej pochodzenia organicznego, t. j. powstała z ciał istot roślinnych lub zwierzęcych. Świadczy o tem pośrednio pocho-

dzenie gazu błotnego (p. w. str. 136), jako jednego z produktów gnicia materiałów organicznych. Metan bowiem prawie zawsze towarzyszy ropie naftowej.

3. *Wydobywanie ropy naftowej* polega na wywierceniu w pokładach otworu, t. j. szybu (Fig. 124), podobnie jak wiercone są studnie wodne. Wiercenie odbywa się zapomocą odpowiednich świrdrów (Fig. 125), w kształcie ciężkich stalowych dłót, umocowanych do żerdzi lub liny. W miarę pogłębiania otworu wpuszcza się weń rury żelazne, które się kolejno przykręca do siebie od góry. W ten sposób powstaje pionowo w dół idący rurociąg (Fig. 124), aż do głębokości pokładu naftonośnego. W Boryslawiu dowiercano niekiedy szyby sięgające ok. 2000 m, t. j. 2 km w głąb. Z chwilą dojścia do pokładu roponośnego wchodzi ropa od dołu do wnętrza tego rurociagu

i może być albo ciśnieniem gazu samorzutnie wyrzucana do góry (szyby samoczynne: Fig. 126), lub też, gdy ciśnienie gazu zmniejszy się i ustanie, wydobywana zapomocą łyżki lub tłoka, chodzącego szczelnie w rurociagu. — Wydajność szybów naftowych może być b. rozmaita. Dochodzi niekiedy do kilkudziesięciu i więcej wagonów na dobę. Zwykle jednak szyb po pewnym czasie wyczerpuje się, znaczy to, że otaczająca dno szybu warstwa roponośna przestaje być produktywną.

5. *Inne węglowodory.* — Oprócz węglowodorów, wchodzących w skład ropy naftowej, znanych jest wiele innych węglowodorów odmiennego pochodzenia. Niektóre z nich są niezwykle cenne.

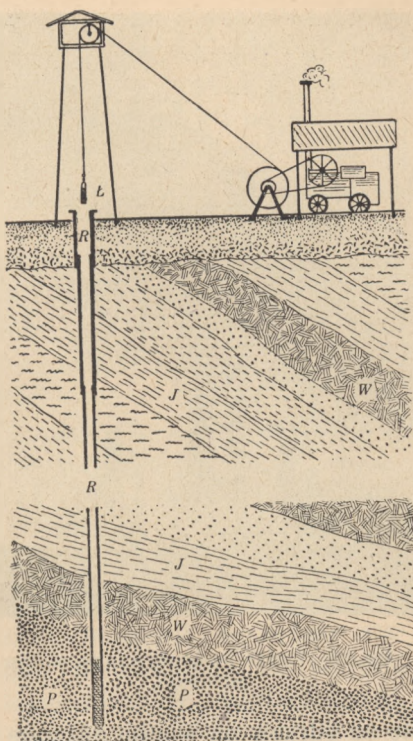


Fig. 124. Szyb naftowy w przekroju: R — rurociąg, przechodzący przez szereg pokładów geologicznych, np: J — ilów, W — wapieni i t. d. aż do roponośnych warstw P — piaskowca.

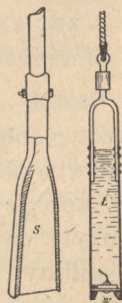


Fig. 125. Dłuto kopalniane S (świder) i łyżka L (czerpak); W — wentyl w dnie łyżki.

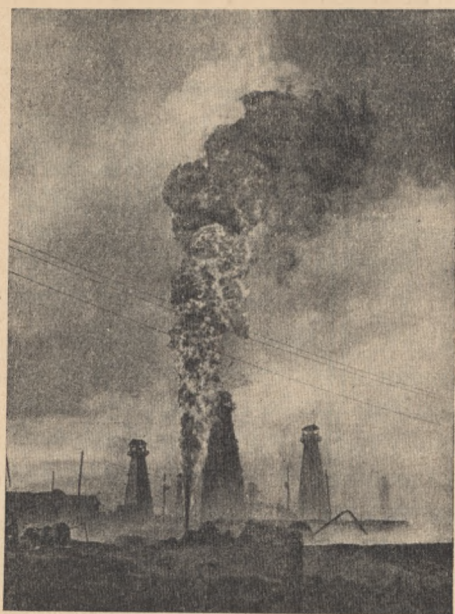


Fig. 126. Pożar samoczynnego szybu naftowego.

Acetylen. — Jest to gazowy węglowodór, otrzymywany sztucznie z t. zw. karbidu przez działanie nań wody. Karbid zaś jest wytwarzany fabrycznie z wapna palonego i koksu w ogromnych piecach elektrycznych. Jest to węglík wapnia (Ca, C). Działaniem wody rozkłada

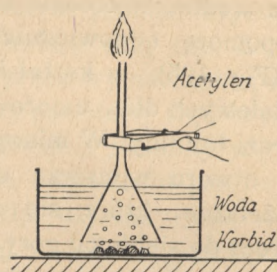


Fig. 127. Acetylen — tworzy się przy działaniu wody na węglík wapnia (karbid); pali się płomieniem świecącym.

się on odrazu na wapno gaszone i gazowy produkt, który jest właśnie acetylenem (Fig. 127). Acetylen pali się światłem wybitnie białym. Stąd jego zastosowanie do oświetlenia. Acetylen ma swoistą nieprzyjemną woń, którą wydają t. zw. lampki acetylenowe.

Fabrykacja karbidu w Polsce na ogromną skalę jest prowadzona w zakładach Chorzowa na Górnym Śląsku. — Karbid stanowi bowiem główny produkt, z którego następnie wyrabia się t. zw. azotniak. Azotniak zaś jest niezmiernie cennym nawozem sztucznym, niezbędnym w rolnictwie (p. roz. Gleba).

Benzol. — Jest to ciekły węglowodór, znajdujący się w smole pogazowej, otrzymywanej przy fabrykacji gazu świetlnego (p. str. 130). Bezbarwna ciecz rozpuszczająca: tłuszcze, kauczuk, żywicę. — Pali się silnie kopącym i mocno świecącym, żółtawym płomieniem. Może być użyty zamiast nafty do lamp. Ma ważne zastosowanie do wyrobu aniliny, a stąd do otrzymywania różnych barwików sztucznych, a także różnych środków wybuchowych.

Terpentyna. — Terpentyna jest dystylatem otrzymywanym z żywic różnych drzew szpilkowych. Nieprzedystylowana reszta

żywicy tworzy kałafonję. Terpentyna rozpuszcza doskonale: wosk, tłuszcze, kauczuk, a także siarkę i fosfor. Używa się przeto do wyrobu wielu produktów codziennego użytku, w szczególności: z woskiem daje zaprawę do podłóg, z kauczukiem — kit do sklejanego przedmiotów gumowych, z żywicą — lakier terpentynowy i t. d.

Kauczuk. — Kauczuk wchodzi w skład soków, wyciekających z pewnych gatunków drzew, rosnących w krajach podzwrotnikowych, w szczególności rodzaju *Hevea* i z figusów. Wystawiony na działanie powietrza, sok ten tężeje. Jest to kauczuk surowy. — Po oczyszczeniu i dodaniu doń drobnej ilości siarki (1 — 2%) w postaci kwiatu siarczanego, wytwarza się zeń kauczuk wulkanizowany, t. j. taki, jaki znamy z różnych kauczukowych wyrobów, np. dętek i opon rowerowych. Jest to produkt niezwykle elastyczny. Służy do wyrobu najrozmaitszych przedmiotów: rurek, baloników, materiałów nieprzemakalnych i t. p. — **Ebonit** jest natomiast produktem twardym, nieelastycznym. Otrzymuje się z kauczuku przez zmieszanie z siarką w ilości od 20 do 40%. Służy do wyrobu różnych przedmiotów galanteryjnych (np. grzebieni) oraz płyt gramofonowych. — Zarówno kauczuk, jak i ebonit, stanowią doskonałe materiały izolacyjne, mają przeto ogromne zastosowanie do wyrobu różnych elektrycznych aparatów (np. telegraficznych, telefonicznych, radjowych).

Pytania: — 1) Co może być przyczyną, że ropa niekiedy wytryska z szybu samorzutnie? — 2) Czy zasypanie piaskiem lub zarzucenie kocem może ugasić płonącą naftę? — Czy parafina jest lżejsza od wody? — 4) Jakie zastosowanie ma terpentyna? — 5) Czy acetylen i benzol są węglowodorami naturalnymi? — 6) Czem się różni kauczuk od ebonitu? — 7) Co to jest frakcjonowanie mieszanin?

3. Węglowodany.

1. **Skład chemiczny.** — Przedstawicielami tej kategorii związków węglowych są: cukry, mączka czyli skrobia, błonnik czyli celuloza. — Wszystkie te ciała mają wspólny skład jakościowy, a mianowicie złożone są: z węgla *C*, wodoru *H* i tlenu *O*, nadto okazują cały szereg cech wspólnych, z których najistotniejsze wyjaśnią nam następujące doświadczenia:

1) Poddajmy kawałek cukru w próbówce wyprażeniu (p. Fig. 121), a nad otworem próbówki ustawmy suchą szklanę. — Wewnętrzna

ściana szklanki wnet pokryje się rosą. Po wyprażeniu zupełnem z cukru pozostanie w próbowce porowaty czarny węgiel.

2) Polejmy kawałek cukru na miseczkę stężonym kw. siarkowym. Wiemy, że kw. siarkowy jest środkiem odwadniającym (str. 86). Po upływie kilku minut, bezbarwna początkowo ciecz czernieje, zwęgli się. — Po rozcieńczeniu wodą i odsączeniu, można powstały z cukru węgiel zebrać na sączku.

W doświadczeniu (1) cukier od gorąca rozłożył się na wodę i węgiel, w przypadku (2) kw. siarkowy wydobył z cukru te składniki, które tworzą wodę, t. j. wodór i tlen *O*, a pozostał nienaruszony węgiel *C*. Oba te doświadczenia dowodzą więc, że „cukier“ jest związkami węgla *C* ze składnikami wody, t. j. wodorem *H* i tlenem *O*. — Ten sam wynik otrzymuje się ze skrobią (np. krochmallem) i z błonnikiem (np. watą).

Wszystkie tego rodzaju związki węglowe, z których wodór i tlen dają się całkowicie wydzielić w postaci wody, tworzą odrębną grupę ciał organicznych. Zwiemy je węglowodanami.

2. Cukry. — *1. Rodzaje cukrów.* — W sokach wielu roślin znajdują się związki, które mają smak wybitnie słodki. Są to ciała krystaliczne, obficie rozpuszczalne w wodzie. — Jest ich wiele odmian. Najpospolitszymi są:

Cukier gronowy czyli glukoza. Słodki smak wielu owoców, np. winogron, śliwek, gruszek, fig, daktyli i t. p., zawdzięcza się obecności w nich tego właśnie cukru. Po wyschnięciu niektórych owoców, można go obserwować w postaci krystalicznego nalotu, np. na śliwkach, figach, daktylach suszonych. Jest głównym składnikiem miodu pszczelego. Wyrabia się go też sztucznie ze skrobi. (p. n. str. 149).

Cukier zwykły czyli sacharoza. — Jest to cukier, który najobficiej występuje w soku trzciny cukrowej oraz buraków cukrowych. Zawartość cukru w tych burakach wynosi ok. 15%. Zawierają go też soki wielu innych roślin, jako to: lipy, klonu, brzozy, melonu, kawonu, marchwi i t. p. Słodkość cukru zwykłego jest $2\frac{1}{2}$ razy większa, niż takiej samej ilości glukozy. — Ogrzewany powoli krystaliczny cukier zwykły topi się ok. 160°, na gęsto żółtawą ciecz, która po wylaniu do blaszanej foremki, zastyga na klarowną szklistą masę. (Próba). Ogrzewany powyżej 160°, brunatnieje i wytwarza ciało zwane karamelem, a wreszcie rozkłada się całkowicie (p. w.

str. 121). Rozpuszczalność zwykłego cukru jest ogromna (p. str. 59): 1 *litr* wody rozpuścić może do 2 *kg* cukru na zimo, a prawie 5 *kg* na gorąco. — Cukier jest znakomitym środkiem odżywczym, a jako taki jest w powszechnem użyciu.

2. *Fermentacja*. — Przygotujmy ze suchych rodzynek wyciąg wodny. Będzie to roztwór cukru gronowego w wodzie. Możemy go też otrzymać z miodu pszczełnego, rozcieńczając go wodą. Dodajmy do roztworu tego szczyptę drożdży, jakich się używa do wyrobu pieczywa. Wypełnijmy roztworem tym większą próbkówkę i zanurzymy ją otworem w ten sam roztwór, jak na Fig. 128. — Gdy ten roztwór cukru gronowego z drożdżami pozostawimy czas pewien (np. dobę) w ciepłym miejscu, najlepiej w temp. ok. 30°, spostrzeżemy, że w próbówce zebrało się sporo gazu. Gaz ten jest to bezwodnik węglowy, gdyż zbełtany z wodą wapienną, mąci ją. Rozczyn pierwotnie słodki, stracił swą słodycz, a przybrał smak ostry, właściwy alkoholowi. — Ta przemiana cukru na alkohol i bezwodnik węglowy jest to fermentacja (alkoholowa). Drożdże jako czynnik tej reakcji są jej fermentem.

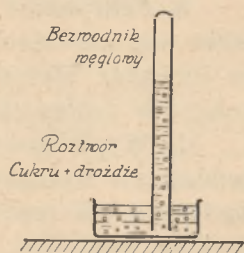
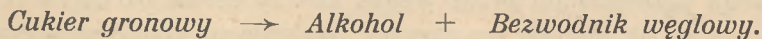


Fig. 128. Fermentacja soku cukrowego pod wpływem drożdży — objawia się wydzielaniem pęcherzyków gazu (bezwodn. węglowego).

Wyniki: — 1) *Cukier gronowy pod wpływem drożdży fermentuje*. — 2) Wynikiem fermentacji są: *alkohol i bezwodnik węglowy*. Całość tej fermentacyjnej przemiany cukru stanowi więc reakcja:



Podobnie jak cukier gronowy, fermentują też i inne rodzaje cukrów, np. cukier słodowy, znajdujący się w ziarnach kielkującego jęczmienia, oraz wszelkie cukry owocowe.

3. *Drożdże*. — Czem są drożdże? Pytanie to rozwiązuje się zapomocą mikroskopu. — Okazuje się, że kropla mętnego płynu, zawierającego drożdże, wypuszczona na szkiełko i rozpatrywana przy silnem powiększeniu, daje obraz jak na Fig. 129. Są to odrębne



Fig. 129. Drożdże — widziane pod mikroskopem w 300-krotnem powiększeniu — przedstawiają zbiorowisko odrębnych komórek.

wolno żyjące komórki¹⁾, rozmnażające się przez pączkowanie. — Stwierdzić można, że po odbytej fermentacji ilość drożdży nie maleje, lecz przeciwnie wzrasta. — Fermentacja przeto jest to okres rozrostu i rozmnażania się tych drobnoustrojów, a produkty tej fermentacji — alkohol i bezwodnik węglowy — to rezultaty przemiany cukru jako pożywienia tych drobnych istot. — Drożdże są produkowane fabrycznie, najczęściej do sporządzania wyrobów alkoholowych, a więc np. w browarach (p. str. 152). Stąd drożdże zwykle zwą się drożdżami piwnymi.

3. Fabrykacja cukru. — Zwykły cukier, czyli sacharozę, wyrabia się głównie: z trzciny cukrowej lub z buraków cukrowych (w Europie). Wyrób cukru z buraków polega na następujących kolejnych procesach:

1) Wypłókanie i poszatkwane na cienkie płatki buraki cukrowe, poddaje się wyługowaniu przepływającą wodą. Jest to proces zwany dyfuzją. W rezultacie cukier, zawarty w buraku, przechodzi do wodnego roztworu.

2) Roztwór ten jest barwy zielonawej, zanieczyszczony różnemi ciałami białkowemi i pewnemi solami, zawartemi w soku buraków. Po dodaniu wapna sole te przechodzą w sole wapniowe, nierozpuszczalne w wodzie i wraz z innemi domieszkami opadają z roztworu. — W celu usunięcia nadmiaru dodanego wapna przepuszcza się przez roztwór na gorąco bezwodnik węglowy: osiada węglan wapnia. Proces ten nazywa się saturacją.

3) Odlany po saturacji klarowny roztwór cukru, poddany zostaje przesączeniu przez węgiel kostny celem odbarwienia.

4) By roztwór ten zagęścić, poddaje się go odparowaniu w temp. poniżej 100°, celem uniknięcia wytworzenia się karmelu. Osiąga się to przez odparowywanie pod zmniejszonym ciśnieniem w kotłach, z których pompą wysysa się powietrze i parę. Proces ten zwie się koncentracją.

5) Otrzymany w ten sposób gęsty syrop, po wypuszczeniu z kotła i oziębieniu, staje się nasyconym i cukier zeń wykryształizowuje. Jest to proces kryształizacji.

6) By powstałą kryształiczną masę cukru oddzielić od resztek syropu, należy ją odcentryfugować na wirownicach. —

¹⁾ O tem, czem są komórki organiczne i z czego się składają, będzie mowa później (p. str. 157).

W koszu wirownicy pozostaje kryształ, pozostały syrop ścieka. — Syrop ten poddany zostaje ponownie dalszemu zagęszczeniu, krystalizacji i centryfugowaniu, w rezultacie czego uzyskuje się zeń wtórną porcję cukru. — Gdy po trzykrotnie powtórzonej krystalizacji pozostały syrop nie wydziela już więcej kryształów, odrzuca się go jako t. zw. melasę. — Melasa zawiera w sobie jeszcze znaczną ilość cukru, zużytkowuje się ją przeto albo do wyrobu drożdży i alkoholu, albo jako karmę dla bydła. — Pozostałe po wyługowaniu z cukru resztki buraczane, t. zw. wytłoki buraczane, są też odżywczym materiałem, stosowanym jako pasza dla zwierząt domowych.

Pytania: — 1) Jakie doświadczenia udowadniają, że cukier, skrobia, celuloza są węglowodanami, a nie węglowodorami? — 2) W jakiej postaci jest cukier w cukierkach (karmelkach)? — 3) Co to jest fermentacja cukru i co ją wywołuje? — 4) Czy drożdże są materją martwą, czy żywą? — 5) W jaki sposób wydobywa się cukier z buraków? — Jak się go oczyszcza? — 6) Czem się usuwa wapno gaszone, użyte do oczyszczenia surowego soku buraczanego? — 7) Dlaczego odparowywanie soku cukrowego prowadzi się pod zmniejszonym ciśnieniem? — 8) Jaki jest użytek z melasy?

4. Skrobia czyli mączka, albo krochmal. — *1. Otrzymywanie.* — Zaróbmy łyżkę mąki pszennej małą ilością wody tak, by powstało ciasto. Zawijmy je w czystą ścierkę i ugniatajmy palcami w misce pod wodą. — Znaczna część ciasta mącznego przejdzie do wody, w płótnie pozostanie reszta. — Ta reszta przedstawia kleistą szarą masę, zwaną klejem mącznym. Nie jest to węglowodan, lecz produkt białkowy (p. n. str. 163), zawierający azot; zwiemy go glutenem. — Część ciasta, która przeszła przez otwory ściereki, znajduje się w wodzie w postaci białawej zawiesiny. Pozostawiona przez czas jakiś w spokoju, zawiesina ta opada i daje biały osad. Zlejmy z niego ostrożnie nadmiar czystej wody, zbierzmy na parownicę i wysuszmy. Otrzymany produkt — jest to mączka pszenna.

Tak samo, jak z mąki pszennej, można otrzymać skrobię z ziarn innych zbóż: np. żyta, jęczmienia, fasoli, grochu, a także z kartofli. — Rozetrzajmy trochę kartofli na tarle nad gęstym sitem lub ścierką, polewając je wodą. Na sicie pozostanie miazga ze skórki kartoflanej, w wodzie pod sitem zbierze się mączka kartoflana. Metodę powyższą stosuje się do fabrycznego wyrobu krochmalu z kartofli.

Skrobia znajduje się w owocach lub innych częściach prawie wszystkich roślin. Największą zawartość skrobi mają ziarna zbóż:

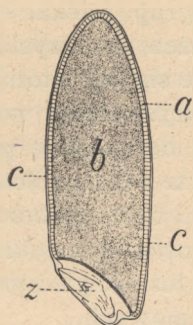


Fig. 130. Ziarno pszenicy w przekroju powiększone 6-krotnie; a — łupina, b — skrobia, c — warstwa białka, z — zarodek.

ryżu — ok. 73⁰/₀, pszenicy — ok. 70⁰/₀, kukurydzy — ok. 68⁰/₀. Ziemniaki tylko — ok. 18⁰/₀. — Ziarna zbożowe, oprócz skrobi, zawierają też i inne składowe części, o czym będzie mowa później (p. str. 156). — Fig. 130 wyobraża budowę ziarna pszenicy w przekroju.

2. *Własności ogólne skrobi.* — Mączka, rozpatrywana przez mikroskop, przedstawia w silnem powiększeniu białe, okrągławe ziarna. Kształt i wielkość tych ziarn są dla różnych rodzajów mączki różne (Fig. 131—133). Naogół są to ziarna bardzo drobne, gdyż ich wielkość waha się w granicach: 0·002—0·17 mm średnicy. Największe ziarna ma mączka kartoflana.



Fig. 131. Szkrobia kartofla.



Fig. 132. Szkrobia fasoli.

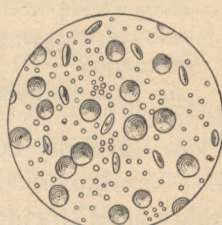


Fig. 133. Szkrobia pszenicy.

Ziarna skrobi, widziane pod mikroskopem w b. znacznem powiększeniu.

1) W wodzie zimnej mączka właściwie nie rozpuszcza się, lecz tworzy tylko delikatną zawiesinę. W wodzie letniej ziarna mączki pękają, a w gorącej pęcznią, powiększając swą objętość bardzo znacznie (20—30 razy), tworzą z wodą papkę mleczną, używaną do krochmalenia bielizny.

2) Gotowana przez czas dłuższy w wodzie, przechodzi mączka częściowo w stan tak delikatnej zawiesiny, że może być sączona nawet przez bibułę. (Próba). Obecność jej w przesączu zdradza się odrazu reakcją z jodem: kropla jodiny, wpuszczona doń, wywołuje intensywne niebieskie zabarwienie. (Próba). Jest to charakterystyczna reakcja, zapomocą której odrazu wyróżnia się skrobię od innych węglowodanów.

3) Mączka, ogrzana na sucho, ulega innej jeszcze przemianie, mianowicie przechodzi w t. zw. dekstrynę. Rozetrzyjmy na metalowej łyżce nieco krochmalu i ogrzewajmy go powoli, wciąż mieszając

drucikiem. Jeśli nie przepalimy mączki, to przez to ostrożne ogrzewanie zamieni się ona na ciało żółtawe, które po zarobieniu wodą tworzy kleistą ciecz. Jest to właśnie dekstryna, używana powszechnie do klejenia papieru, podobnie jak guma arabska.

3. *Scukrzanie skrobi.* — 1) Zapomocą kwasów. — Zadajmy ową delikatną zawiesinę krochmalu w wodzie kilkunastu kroplami kw. siarkowego i gotujmy ją powoli przez kilkanaście minut. Po ostygnięciu zobojętnijmy dodany poprzednio kwas kilkunastu kroplami mleka wapiennego aż do zniebieszczenia się próbnego papierku lakmusowego, poczem przesączmy. W przesączu reakcja z kroplą jodyny nie wykaże już skrobi. Roztwór będzie miał smak wyraźnie słodki. Ze skrobi powstał więc cukier. Po odparowaniu na miseczkę, można go nawet otrzymać w postaci krystalizującego się syropu. Cukrem tym jest cukier gronowy czyli glukoza, ta sama, co w stanie naturalnym występuje w różnych owocach (p. w. str. 144).

Wniosek: *Rozcieńczone kwasy scukrzają na gorąco skrobię, wytwarzając z niej cukier gronowy (glukozę):*

Skrobia → glukoza (cukier gronowy).

W ten sam zasadniczo sposób przeprowadza się scukrzanie skrobi fabrycznie przy wyrobie cukru gronowego z mączki kartoflanej. Stąd pospolicie zwie się go cukrem ziemniaczanym. Produkt ten używany jest przeważnie w postaci syropu, np. do wyrobu win owocowych (str. 151) zamiast cukru, a także w zastępstwie naturalnego miodu. Przerabia się go też na karmel do wyrobów cukierniczych.

Otrzymany z poprzedniego doświadczenia roztwór glukozy, zadajmy szczypłą drożdży: będzie on fermentował, jak naturalna glukoza (p. str. 145). Drogą tych dwu kolejnych operacyj — scukrzenia skrobi i fermentacji powstałej z niej glukozy — można ze skrobi otrzymać alkohol.

2) Zapomocą słodu. — Ziarna zbożowe, gdy kiełkują, nabierają smaku słodkiego. Sprawdzić to można na ziarnach kiełkującego jęczmienia, czyli t. zw. słodu. — Wynika stąd, że mączka zawarta w ziarnach podczas kiełkowania ulega scukrzeniu. — Co tę przemianę mogło spowodować?

Stwierdzić się daje, że w kiełkujących ziarnach jęczmienia (a także i innych zbóż) znajduje się pewien produkt, który można z nich wyciągnąć zapomocą wody, a następnie z wody strącić alkoholem. — Ten rozpuszczalny w wodzie produkt, a nierozpuszczalny

w czystym alkoholu, jest to t. zw. diastaza. — Skrobia zadana diastazą scukrza się podobnie jak pod działaniem rozcieńczonych kwasów. A więc scukrzanie się ziarn kielkującego jęczmienia pochodzi nie od czego innego, jak od diastazy, zawartej w nich obok mączki. — Zmieszajmy gotową mączkę kartoflaną lub inną ze słodem: scukrzy się całkowicie. — A więc diastaza, zawarta w słodzie, wystarcza nietylko do scukrzenia mączki, zawartej w ziarnach słodu, ale i do scukrzenia skrobi dodanej w mączce kartoflanej. Chcąc przeto scukrzać skrobię, nie potrzeba działać gotową diastazą, lecz wprost słodem.

Wniosek: — 1) *Diastaza, zawarta w słodzie, przetwarza mączkę w cukier.* — 2) Jest to cukier zwany *cukrem słodowym*, albo *maltozą*:

Skrobia → *maltoza (cukier słodowy)*.

5. Fermenty. — Diastaza, zawarta w kielkujących ziarnach jęczmienia, jest produktem należącym do grupy fermentów, podobnie jak ferment, zawarty w rozmnażających się komórkach drożdży. — Różnica tych fermentów jest ta, że ferment drożdżowy, czyli t. zw. zymaza, powoduje przemianę cukru gronowego na alkohol, zaś ferment słodowy, czyli t. zw. diastaza scukrza skrobię.

Są nadto i inne fermenty, które wytwarzają się w różnych organizmach dla potrzeb samego organizmu. Np. w ślinie zawiera się ferment zwany ptyaliną, a zadanie jego jest to samo, co diastazy, t. j. scukrzanie pokarmów mącznych. — W soku żołądkowym znajduje się ferment, zwany pepsyną, który powoduje przemianę nierozpuszczalnego białka na rozpuszczalny pepton i t. d. (p. str. 164). Ostatecznem zadaniem fermentów w organizmach jest przeprowadzanie pokarmu w produkt rozpuszczalny, aby się mógł dostać do komórek organizmu, a więc np. nierozpuszczalnej mączki w rozpuszczalny cukier. — Fermentów używa się w przemyśle do celów fabrykacji wielu produktów, w szczególności do wyrobu rozmaitych trunków, np. alkoholu, piwa, win i t. d.

Pytania: — 1) Jaką próbą odróżniamy skrobię od cukru? — 2) Jakimi środkami można scukrzyć skrobię? — 3) Jaki cukier powstaje ze skrobi przy scukrzaniu kwasami, a jaki przy scukrzaniu słodem? — 4) Co to jest sól i co w nim jest czynnikiem scukrzającym skrobię? — 5) Co to są fermenty i jaką one odgrywają rolę w przemianie pokarmów? — 6) Jaki ferment zawiera sól, a jaki drożdże, ślina, sok żołądkowy? — 7) Czem jest dekstryna?

6. Napoje alkoholowe. — Napoje alkoholowe są wyrabiane: albo z produktów zawierających cukier, albo z produktów zawierających skrobię.

1) Z produktów, zawierających cukier, a więc z miodu i różnych rodzajów owoców: winogron, jabłek, gruszek, śliwek, porzeczek i t. p. — wyrabia się miód i wina. — Zasadnicza przemiana, która tu ma miejsce, jest bezpośrednia alkoholowa fermentacja cukru (p. w. str. 145).

2) Z produktów, zawierających skrobię, a więc z kartofli i różnego rodzaju zboża: żyta, jęczmienia i t. p. fabrykuje się przeważnie czysty spirytus, z którego po odpowiednim zaprawieniu wodą, cukrem i różnymi sokami, wytwarza się różne wódki, likiery, nalewki i t. p. — Zasadnicza przemiana skrobi na alkohol składa się tu z dwu procesów: — 1) przedwstępnego scukrzenia skrobi (p. str. 149), oraz — 2) z następnej fermentacji alkoholowej scukrzonego w pierw produktu.

Wino — jest napojem alkoholowym, wyrabianym z soku winogron. — Wytłoczony słodki sok winogronowy, zwany moszczem, zlewa się do kadzi lub beczek, w których przebiega samorzutna fermentacja bez dodania drożdży. Dzieje się to wskutek tego, że powierzchnia jagód winnych jest zawsze „zakażona“ zarodkami drożdży, które przenoszą się w pyłe powietrza. — Przebieg fermentacji ujawnia się zmętnieniem moszczu i burzeniem się wskutek wywiązywania się bezwodnika węglowego. Po 10—14 dniach fermentacja ustaje, ciecz się wyjaśnia. To „młode wino“ spuszcza się z nad wytworzonego osadu do beczek, gdzie następuje powtórna, powolna fermentacja. Trwa ona kilka miesięcy. Na ścianach beczek osiada wtedy t. zw. kamień winny, a wino staje się klarowne i gotowe do użytku.

W ten sam zasadniczy sposób wyrabia się różne wina owocowe, np. jabłecznik. Ponieważ sok tych owoców jest zwykle mało słodki, dodaje się doń gotowego cukru, a mianowicie cukru gronowego, wyrabianego sztucznie ze skrobi (p. str. 149), jako znacznie tańszego niż cukier zwykły.

Zawartość alkoholu w winie zależy od ilości sfermentowanego cukru i wahać się może ok. 5—16⁰/. Oprócz tego wino zawiera w sobie niewielkie ilości różnych innych związków, pochodzących z soku owocowego. Domieszki te stanowią o kolorze i smaku wina.

Miód — do picia jako trunek wyrabia się przez gotowanie rozcieńczonego wodą miodu pszczelnego z różnemi przyprawami korzennemi. — Po ostygnięciu i wyklarowaniu się tak przygotowanej cieczy, zaprawia się ją drożdżami i poddaje fermentacji.

Piwo — jest produktem, który wyrabia się z jęczmienia i chmielu w browarach. — Najpierw ziarna jęczmienia poddaje się kiełkowaniu. Kiełkowanie prowadzi się w ten sposób, że jęczmień rozsypuje się cienką warstwą na kamiennej (np. betonowej) podłodze w piwnicach słabo oświetlonych i utrzymywanych stale w temp. ok. 15°. — Podczas kiełkowania mączka, zawarta w ziarnach jęczmienia, przez działanie znajdującej się w nich również diastazy (p. str. 150) częściowo się scukrza (na maltozę). Ziarna skiełkowanego jęczmienia stają się słodkie, stąd nazywa się je w tej postaci słodem. Następnie słód suszy się (w 80°) i miele na krupy, poczem zaprawia się w kadzi ciepłą (60°) wodą, która rozpuszcza zeń cukier. Otrzymany słodki wyciąg wodny, zwany brzeczką piwną, po odstaniu się, gotuje się z kwiatem chmielu, który nadaje piwu właściwą mu goryczkę. Po ostudzeniu brzeczką poddaje się w otwartych kadziach za dodaniem drożdży pierwszej fermentacji w odpowiednio chłodnych piwnicach (do 10°). Sfermentowane w ten sposób „młode piwo“ odlewa się z osadu drożdży do beczek umieszczonych w lodowniach (temp. 0°), gdzie bardzo powoli przechodzi proces drugiej fermentacji, poczem zlewa się do szczelnie szpuntowanych beczek lub flaszek, by nie wietrzało, t. j., by bezwodnik węglowy wytwarzany podczas końcowej fermentacji zeń nie uszedł. — Zawartość alkoholu w piwie wynosi ok. 3–8%.

Alkohol. — 1) *Otrzymywanie.* — Czysty alkohol otrzymać można z każdego sfermentowanego przez drożdże produktu, a mianowicie przez dystalację. Przy dystalacji spirytus, wrzący w 78°, odchodzi wpierw niż woda, wrząca w 100°. — Ze spirytusem jednak oddystylowują się też i różne lotniejsze domieszki, zawarte w sfermentowanej cieczy, od których drogą nawet powtórnej dystalacji trudno jest spirytus uwolnić. Rodzaj tych domieszek zależy od rodzaju skrobi, użytej do fermentacji. Wobec tego do wyrobu czystego spirytusu używa się tylko niektórych gatunków skrobi, mianowicie „pędzi się“ go w gorzelniach zwykle: z kartofli, żyta lub ryżu, a także melasy.

Sposób postępowania przy wyrobie spirytusu z ziemniaków jest następujący: Opłókanę i rozgotowaną następnie w kotle gorącą

parą — ziemniaki po ostudzeniu zaprawia się sło d e m, poczem zalewa się ciepłą wodą. Następuje pierwszy proces przemiany, t. j. s c u k r z e n i e mączki na cukier słodowy (maltozę) i dekstrynę. Powstała ciecz zwana zacierem po ochłodzeniu spuszcza się do kadzi fermentacyjnej. Tu dodaje się drożdży. Następuje drugi proces przemiany, t. j. fermentacja cukru (maltozy) na alkohol i bezwodnik węglowy. Fermentacja prowadzi się w zwykłej temp. ok. 20°, wskutek czego już w ciągu 24 godzin jest ona na ukończeniu. W rezultacie powstaje ciecz mętna, zawierająca ok. 3—6% alkoholu.

Następuje teraz trzeci proces, którym jest dystylacja, celem odpędzenia alkoholu. Prowadzi się go w specjalnych aparatach dystylacyjnych. Otrzymuje się stąd produkt zwany spirytusem surowym albo okowitą. Pozostała po odpędzeniu alkoholu gęsta ciecz, zwana brahą, stanowi pokarm dla bydła. Surowy alkohol ziemniaczany zawiera w sobie jeszcze t. zw. niedogon, czyli fuzel, o bardzo przykrej woni i silnie trujących własnościach. Jest to uboczny produkt, powstający obok alkoholu przy fermentacji scukrzzonej skrobi. Fuzel ma zastosowanie do wyrobu lakierów. Celem oddzielenia surowego spirytusu od fuzla, poddaje się go wtórnej dystylacji w fabrykach, zwanych rafinerjami spirytusu.

2) *Własności i zastosowanie.* — Czysty alkohol jest bezbarwną cieczą o o. wł. = 0·8 g, przyjemniej woni, wrzącą w 78°. Rozpuszcza się w wodzie w każdym stosunku, wskutek tego chciwie pochłania wodę. — Sam zaś rozpuszcza doskonale bardzo wiele ciał: jod, fosfor, tłuszcze, gumy, smoły, benzol i różne barwniki roślinne i t. d. rozpuszczają się w nim obficie. Jest to jeden z najbardziej ogólnych (po wodzie) rozpuszczalników i jako taki ma ogromne zastosowanie w praktyce. — Spirytus jest doskonałym materiałem palnym, stosowanym powszechnie w codziennem życiu. Do tego celu używa się zwykle spirytusu t. zw. denaturowanego, t. j. sztucznie zanieczyszczonego różnemi domieszkami, które uniemożliwiają jego użycie w trunkach. — Pary spirytusowe tworzą z powietrzem mieszaninę wybuchającą. Stąd jego użycie do motorów spalinowych, podobnie jak benzyny (p. str. 139). — Ze spirytusu wyrabia się wiele cennych produktów, jako to np. chloroform, eter, używane do znieczulania przy operacjach chirurgicznych.

Spirytus, jak o tem była poprzednio mowa, wchodzi w skład każdego napoju alkoholowego. — Czysty spirytus jest substancją trującą, ale i w stanie rozpuszczonym jest niemniej szkodliwy

zdrowiu. — Nawet nienadmierne używanie napojów alkoholowych, niszczy powoli organizm. Jednorazowe użycie większej ilości spowodować może znane powszechnie objawy zatrucia, kończące się niejednokrotnie śmiercią. Zużycie spirytusu pod postacią przeróżnych napojów alkoholowych jest niestety ogromne. Nawet wysokie opodatkowanie, któremu spirytus powszechnie podlega, nie jest w stanie tego szkodliwego przyzwyczajenia ukrócić.

Pytania: — 1) Czy wino, miód, piwo są trunkami dystalowanymi? — 2) Czy do wyrobu wina i miodu jest potrzebny słód? — 3) W co się przemienia skrobia w słodzie? — 4) Czy drożdże są konieczne do wyrobu piwa? — 5) Czy do wyrobu spirytusu z melasy potrzebny jest słód? — 6) Jaki jest uboczny produkt, który oprócz piwa wyrabia się zwykle w browarach? — 7) Jakie zastosowanie ma alkohol? — 8) Co to jest fuzel? — 9) Co to jest braha? Jak jest jej użycie?

7. Węglowodany jako pokarm. — *1. Co to jest pokarm?* — Pokarmem nazywamy materiał, który człowiek i wszelkie inne istoty żyjące muszą wprowadzać do organizmu swego dla podtrzymania jego rozwoju i życia. Funkcje bowiem życiowe (ruch, praca, oddychanie i t. d.) zużywają ustawicznie pewną część tkanek, z których złożony jest organizm. Nadto u istot ciepłokrwistych musi być podtrzymywana pewna stała temperatura, np. u człowieka $36^{\circ}5' C$. — Pokarm ma więc dostarczyć materiał: 1) na zużyte tkanki, a także na ich przyrost w okresie rozwoju; 2) na reakcje chemiczne, które pokrywałyby straty cieplne, wynikające głównie wskutek pracy.

Pokarm człowieka składa się z następujących niezbędnych składników:

1) mineralnych: woda, chlorek sodu, węglan i fosforan wapnia, jako związków zasadniczych; — oraz

2) organicznych: węglowodany, tłuszcze, białka.

Składniki mineralne, oraz białko, dostarczają materiał do odbudowy zużytych tkanek i wytworzenia nowych. — Tłuszcze i węglowodany służą natomiast głównie jako „paliwo“, albowiem przez ich powolne utlenianie tlenem powietrza, wdychanym przez płuca do krwi, wytwarza się wciąż potrzebna ilość ciepła dla utrzymania stałej temperatury.

Organiczna część pokarmu ludzkiego wynosi dla człowieka dorosłego na dobę: 1) węglowodanów = 360 g, 2) tłuszczów = 75 g, 3) białka = 90 g. — Wzajemny stosunek tych pokarmów wynosi więc średnio: 4 cz. węglowodanów: 1 cz. tłuszczu: 1 cz. białka.

2. *Przyswajanie pokarmów.* — Pokarm wtedy tylko może być przyswojony przez organizm, jeśli może dojść do wnętrza komórek, z których zbudowane są zawsze najrozmaitsze tkanki organizmu. Pokarm przeto może być przyswojony tylko w stanie rozpuszczonym, tak jak np. cukier lub sól. Wtedy tylko może on przeniknąć przez błony (ściany) przewodu pokarmowego do krwi, a z krwią dostać się do najdalszych i najdrobniejszych tkanek. — Tymczasem większa część pokarmu organicznego składa się z ciał bezpośrednio nierozpuszczalnych, jakimi są: skrobia, tłuszcze i białka. Ciała te muszą być przeto przerobione wpierw na produkty rozpuszczalne, czyli przyswajalne. Czynność tę wykonuje sam organizm zapomocą soków, wydzielanych przezeń w różnych częściach przewodu pokarmowego, jako to: śliny, soku żołądkowego, soku trzustki i t. d. W sokach tych znajdują się odpowiednie fermenty (p. str. 150). Np. w ślinie — ptyalina, która scukrza skrobię; w żołądku — pepsynę, która przeprowadza nierozpuszczalne białka w rozpuszczalny pepton i t. d. — Do tego dołącza się chemiczne działanie różnych innych składników, znajdujących się w tych sokach, np. kw. solnego. Pod wpływem tych wszystkich, najczęściej kolejno działających czynników, wprowadzony do ust pokarm zostaje w większej swej części przyswojony przez organizm. Proces ten zwie się trawieniem.

Nie każdy jednak produkt spożywczy jest jednakowo łatwo strawny, np. bardziej strawnym jest masło, niż słonina, albo lój, choć są to wszystko tłuszcze. Ten sam nawet produkt, jakim jest np. ziemniak, łatwiej strawnym jest dla człowieka w formie ugotowanej, aniżeli na surowo. — Pokarm musi być przeto nietylko co do swego składu odpowiedni, lecz musi być także odpowiednio przyrządzony.

3. *Pokarmy węglowodanowe.* — Głównymi pokarmami węglowodanowymi są cukier i skrobia. — Ponieważ węglowodany przeważają co do ilości resztę pokarmów człowieka (p. w. str. 154), przeto stanowią one główną część jego codziennego pożywienia.

Cukier jest spożywany albo w czystej postaci jako dodatek do potraw, napojów, np. w słodzonej herbacie, kawie, — albo też w postaci naturalnych produktów, zawierających w sobie cukier, np. owoców, miodu. Jako ciało rozpuszczalne jest przyswajany bezpośrednio.

Skrobia, jako pokarm wymaga odpowiedniego przyrządzenia. Czysta skrobia, np. krochmal, za pokarm nie służy. W naturalnych produktach, np. kartoflach, w ziarnie zboża, znajduje się skrobia (p. str. 148) obok innych ciał, które nie są węglowodanami, lecz należą do związków azotowych (białkowych, p. str. 162). — Razem z niemi stanowi ona materiał odżywczy, który służy do sporządzania pokarmów t. zw. mącznych.

Mąka zaś otrzymuje się ze zmielenia ziarna zbożowego: żyta, pszenicy, owsa i t. d. (p. str. 148, Fig. 130—133). Mąka jest mieszaniną, zawierają na 100 *kg* średnio: 70 *kg* skrobi, 17 *kg* białka roślinnego, 2 *kg* tłuszczów i 11 *kg* wody z mineralnymi ciałami.

Chleb i wogóle pieczywo mączne jest głównym produktem, w postaci którego mąka jest spożywana. Jest to pokarm mączny, najłatwiej strawny. — Odżywczość chleba polega na zawartości w nim nie tylko skrobi, lecz również białka roślinnego, a poczęści także i tłuszczów, które w niewielkiej ilości wchodzi w skład ziarna zbożowego. Chleb przeto jest do pewnego stopnia wszechstronnym pokarmem, gdyż zawiera wszystkie trzy rodzaje pokarmowych składników, głównie jednak jest to pokarm węglowodanowy.

Wypiek chleba polega na następujących procesach: 1) Zarobienie ciasta z mąki (40 cz.) i osolonej wody (60 cz.) i wymieszanie na jednorodną masę. — 2) Dodanie odpowiedniej ilości drożdży lub starego zaczynu chlebowego, przez co ciasto ustawione w cieple (30°) nieco fermentuje i rośnie. Ta fermentacja chlebowa dotyczy zarówno skrobi, cukru, jak i białkowych ciał, zawartych w mące: skrobia częściowo przechodzi w dekstrynę i cukier; cukier zaś, fermentując, wydziela bezwodnik węglowy, który czyni ciasto porowatym; materiał zaś białkowy — peptonizuje się (str. 164). — 3) Samo wypiekanie wyrośniętego ciasta przeprowadza się w piecach w temp. 250—300°, w ciągu ok. pół godziny. Z chwilą wstawienia do pieca fermentacja w cieście zostaje przerwana; bańki gazowe, rozszerzając się od gorąca, rozdymają ciasto jeszcze bardziej; powierzchnia twardnieje, tworząc skórę, w której skrobia przemienia się przeważnie na dekstrynę (p. str. 148).

Chleb, wypieczony ze 100 *kg* mąki waży na świeżo ok. 120—140 *kg*. Ten przyrost ciężaru pochodzi od dodanej do wyrobu ciasta wody.

Pytania: — 1) Dlaczego organizm żyjący wymaga odżywiania? — 2) Jakie składniki zawierać musi pełny pokarm wyższych zwierząt i człowieka? — 3) Które składniki pokarmu służą dla

organizmu jako paliwo? — 4) Na czym polega przyswajanie pokarmów (trawienie)? — 5) Jakie czynniki powodują trawienie? — 6) Jak się wyrabia chleb i czy on jest wyłącznie pokarmem węglowodanowym?

8. Błonnik, czyli celuloza. — 1. *Pochodzenie celulozy.* —

1) Komórki i tkanki. — Gdy się rozpatruje przez mikroskop skrawek jakiegokolwiek bądź tkanki roślinnej, widzi się, że jest ona złożona z oddzielnych drobnych części (Fig. 134 a i b). Części te — są to komórki roślinne, tworzące tkankę roślinną, podobnie jak z komórek złożona jest każda tkanka zwierzęca. Wnętrze żywej komórki wypełnia zawsze protoplazma z jądrem. Martwą częścią komórki jest jej osłona. Rozrost tkanki polega na rozmnażaniu się oddzielnych komórek drogą podziału, tak samo jak rozmnażanie się drożdży, złożonych z wolnych komórek (p. w. str. 145, Fig. 129). — Komórki różnych tkanek różnią się: wielkością, kształtem, budową i składem. Oprócz bowiem protoplazmy i jądra — tych zasadniczych części każdej komórki — mogą w niej występować także i różne inne składniki, np. ziarna chlorofilu w komórkach zielonych tkanek roślin (p. str. 175, Fig. 141). Komórki różnych tkanek wykazują też znaczne różnice co do materiału, tworzącego ich ściany i t. d.

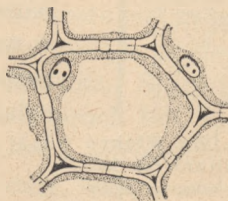


Fig. 134a. Komórka roślinna (z rdzenia bzu): 1) wewnątrz komórki wypełnia ziarnista plazma, 2) w niej owalne ziarno — to jądro, oraz przezroczysta ciecz — sok komórkowy, 3) obwód stanowią ściany komórki.

2) Ściany młodych komórek roślinnych tkanek stanowią materiał, zwany celulozą, albo błonnikiem. W miarę, jak roślina rośnie i starzeje, niektóre z jej tkanek twardnieją. Pochodzi to stąd, że ściany komórek, tworzących stwardniałą tkankę, zmieniają swój skład. W celulozie pojawia się t. zw. drewnik, materiał twardy i kruchy, przepony przytem różnemi innemi składnikami, jako to: żywicą, solami mineralnemi, barwikami i t. d. Komórka takiej zdrewniałej tkanki jest martwa, protoplazmy w niej już niema.

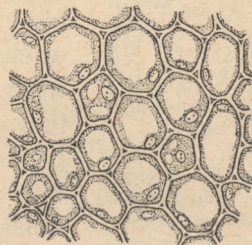


Fig. 134b. Tkanka (z rdzenia bzu) jest zbiorowiskiem zróżnicowanych ze sobą jednakowego rodzaju komórek.

2. *Otrzymywanie celulozy.* — W niektórych częściach pewnych roślin, np. we włoskach bawełny, w rdzeniu bzu, celuloza nawet

po zestarzeniu się i obumarciu komórek pozostaje prawie niezmienna. Czystą celulozę dają też włókna lnu, konopi. Włókna lnu i konopi są to ściany wydłużonych bardzo komórek, tworzących zewnętrzną tkankę łodygi tych roślin (Fig. 135 a i 135 b). Otrzymuje się je przez długotrwałe wymoczenie lnu lub konopi, wytrzepanie suchych łodyg i wyczesanie z nich najdłuższych włókien. Włókna celulozy są nadzwyczaj elastyczne i niełamliwe. Z włókien tych przędzie się nici, a z nici wyrabia się tkaniny (perkal, płótno i t. d.).

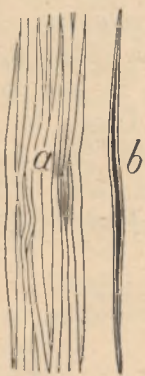


Fig. 135 a. Włókno roślinne (np. lnu) jest utworem, złożonym z wydłużonych komórek b, zrośniętych razem w pęczek a.

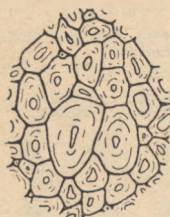


Fig. 135 b. Włókna lnu widziane w przekroju i w powiększeniu 300-krotnym.

Czysta celuloza przedstawia ciało stałe, bezbarwne, bez smaku i zapachu. Jest nierozpuszczalna w wodzie, alkoholu, eterze, ani w innych pospolitych rozpuszczalnikach (próba z watą). Produkty spalania celulozy stwierdzają, że chemicznie czysta celuloza jest również węglowodanem.

2. Zużytkowanie.— Celuloza ma ogromne i wielorakie zastosowanie. Z włókien celulozy lnianej i bawełnianej wyrabia się tkaniny płócienne i bawełniane, z konopnianej — płótno i sznury. Resztki (szmaty stare) tych tkanin stanowią znów materiał do wyrobu najlepszego papieru.

Papier ze szmat otrzymuje się przez ich starganie i rozrobienie z wodą na papkę. Papka ta, wylana w ciekłą warstewkę, pozostawia po odparowaniu wody to, co nazywamy papierem. Jest to czysta celuloza (np. bibuła szwedzka do sączenia). Taki papier nie może jednak służyć do pisania, bo jest to papier bibulasty, rozlewający atrament. Papier do pisania musi ulec sklejeniu, t. j. wypełnieniu istniejących w nim porów pomiędzy włóknami. Klejenie papieru polega na napojeniu go żelatyną (p. str. 166) i ałunem lub innymi składnikami, np. skrobią, kałafonją (p. str. 143).

Papier wyrabia się również z celulozy, otrzymywanej z drzewnika niektórych miękkich drzew, w szczególności: świerku, jodły, osiki. Zmielony drobno drzewnik tych materiałów, zarabia się wodą na papkę, która po wysuszeniu daje grube arkusze papy drzewnej. Jest to materiał surowy, z którego następnie przez dalsze oczy-

szczenie mechaniczne i chemiczne otrzymuje się właściwy papier drzewny. Papier z papy drzewnej wyrabia się w postaci długich wstęg, które zwiąja się w rulony. Papier ten jest łamliwy, nietrwały. (Dlaczego?) Służy głównie do druku gazet. Zużycie drzewa na wyrób papieru jest ogromne.

Jeżeli papier nieklejony zanurzymy na kilka minut do rozcieńzonego kw. siarkowego (1 cz. kwasu na 4 cz. wody), a następnie wymyjemy dokładnie i wysuszymy, otrzymamy zeń papier pergaminowy, używany np. do obwiązywania słoików.

Bawełna strzelnicza, czyli nitroceluloza jest produktem działania stęż. kw. azotowego na czystą celulozę. Produkt ten, mający pozornie ten sam wygląd, co celuloza (np. wata), w istocie jest związkiem celulozy z kw. azotowym. W stanie zupełnie suchym posiada niezwykłą właściwość wybuchania nawet od uderzenia. Służy do wyrobu prochu, t. zw. bezdymnego, albowiem proch ten, spalając się, wytwarza wyłącznie produkty gazowe. — Z nitrocelulozy i kamfory wyrabia się celuloid, materiał elastyczny, mający zastosowanie w galanterji (grzebienie, kołnierzyki, szczoteczki i t. p.) — oraz sztuczny jedwab, pospolicie używany do wyrobów tkackich.

Pytania: — 1) Jaka jest w zasadzie budowa każdej tkanki organicznej? — 2) Jak odróżnić skrobię od błonnika? (p. str. 148) — 3) Czem jest wata przędzalniana? — 4) Czem jest papier? — 5) Jaka jest różnica między błonnikiem a drzewnikiem? — 6) Co to jest nitroceluloza, celuloid, a czem jest sztuczny jedwab?

4. Tłuszcze.

1. Własności ogólne tłuszczów. — Smalec wieprzowy, łój wołowy, masło krowie, tran rybi, oliwa jadalna, olej rzepakowy, olej lniany i t. d. — oto przykłady ciał, które zaliczamy do tłuszczów. Jedne z nich są stałe, inne półstałe, inne znów ciekłe. — Pochodzenie ich jest albo zwierzęce, albo roślinne.

Własności fizyczne. — Wszystkie tłuszcze mają jednak pewne cechy wspólne, a mianowicie: — 1) Wszystkie tłuszcze są lżejsze od wody. — 2) W wodzie się nie rozpuszczają. — 3) Rozpuszczają się natomiast obficie w alkoholu, eterze, benzynie. — 4) Plama tłuszczowa, zrobiona na papierze np. masłem, czyni papier przeświecającym, nie znika zeń jednak sama, tak jak plama benzynowa lub naftowa, nawet za ogrzaniem. Tłuszcze więc nie są lotne. — 5) Są to ciała palne.

Skład chemiczny. — Produktami spalania tłuszczów są: bezwodnik węglowy i woda, co świadczy, że skład ich stanowią węgiel *C* i wodór *H*. Dokładniejsza analiza stwierdza jednak, że wchodzi tu jeszcze i tlen *O*. — Lecz nie są to węglowodany, albowiem przy prażeniu nie rozkładają się wyłącznie na węgiel *C* i wodę, jak to ma miejsce przy rozkładzie węglowodanów (p. str. 144). Rozkład tłuszczów w temperaturze ok. 300° prowadzi do wytworzenia się zgoła innego produktu. Jest nim akroleina, — związek o niezwykle przykrej woni, jaką wydaje np. przepalone masło lub smalec. — Pozostając w otwartym powietrzu, tłuszcze ulegają powolnym przemianom: niektóre z nich jełczeją (np. masło, smalec), inne twardnieją (np. olej lniany).

2. Własności chemiczne tłuszczów. — Zagotujmy w próbówce lub w miseczce porcelanowej mleko wapienne (wodorotlenek wapnia) ze smalcem, lub łojem (2—3 g). Zamiast mleka wapiennego, można użyć sody żrącej. Po kilkuminutowem lub nieco dłuższem gotowaniu tej mieszaniny, znika z niej tłuszcz. Tłuszcz więc pod działaniem wapna (sody żrącej) uległ widocznie chemicznej przemianie. — Po ostygnięciu i odstaniu się, gdy już niema warstewki tłuszczu, odsączamy roztwór od osadu i badamy każdy z osobna.

1) Otrzymany przesącz zagęścimy przez odparowanie. Przekonamy się, że pozostanie na parownicy nieco gęstego płynu, mającego smak wybitnie słodki. Nie jest to jednak cukier, bo cukier wykryć powinien. Jest to produkt zwany gliceryną. Powstać on musiał z tłuszczu.

2) Osad, pozostały z powyższej reakcji, zadajmy osobno kwasem solnym i zagrzijmy. Wnet nastąpi zmiana. Z osadu wydzieli się i wypłynie na wierzch cieczy warstwa oleista. Nie jest to użyty tłuszcz, lecz zupełnie odmienny produkt. Są to mianowicie wytworzone z tłuszczu wolne kwasy tłuszczowe. Po ostygnięciu można je zebrać z cieczy, jako produkt skrzepnięty.

Przemiany, które tu zaszły, tłumaczą się następująco:

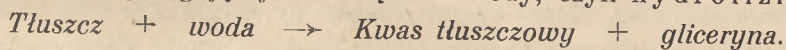
- I. — Tłuszcz + wapno (zasada) →*
→ sól wapieniowa kwasu tłuszczowego + gliceryna.
- II. — Sól wapieniowa kwasu tłuszczowego + kwas solny →*
→ chlorek wapnia (Ca) + wolny kwas tłuszczowy.

Reakcję I — nazywamy zmydłaniem tłuszczu, a utworzoną obok gliceryny sól — mydłem. Reakcja ta wykonać się daje z każdym tłuszczem zapomocą każdej zasady (np. sodą lub potażem żrącym) t. j. wodorotlenkami sodu *Na* lub potasu *K*.

Reakcja II — jest to wydzielanie z mydła kwasu tłuszczowego, związanego w niem w postaci soli.

Wniosek: — *Tłuszcz jest połączeniem kwasu tłuszczowego z gliceryną.* — Należy do kategorii związków, zwanych *estrami*.

Ten rozkład tłuszczu na wolny kw. tłuszczowy i glicerynę można przeprowadzić także i w inny sposób, mianowicie drogą jednej tylko reakcji, polegającej na związaniu wody, czyli hydrolizie:



Przemiana ta skutecznia się: 1) Zapomocą przepuszczania przez stopiony tłuszcz przegrzanej pary wodnej; 2) działaniem rozcieńczonych kwasów mineralnych np. siarkowego; 3) działaniem pewnych fermentów, zawartych w soku trzustkowym i w żółci. Ten ostatni czynnik jest właśnie tym, który współdziała w procesie trawienia tłuszczów w organizmie ludzkim. — Jełczenie tłuszczów jest także procesem ich rozkładu drogą fermentacji, spowodowanej przez pewne drobnoustroje, które się dostają do tłuszczów z powietrza.

3. **Kwasy tłuszczowe.** — Kwasami, które z gliceryną tworzą tłuszcze, są: stearynowy, olejowy, margarynowy, palmitynowy, masłowy i inne. Jedne z nich są ciekłe, np. masłowy, olejowy, inne znów — są ciałami stałymi, np. kwas margarynowy lub kw. stearynowy. Ten ostatni jest to właśnie stearyna, używana do wyrobu świec. — Każdy rodzaj tłuszczu zawiera inne kwasy, lub w innym wzajemnym stosunku. — Np. oliwa jadalna jest tłuszczem kwasów olejowego i margarynowego, masło — licznych kwasów, między innymi olejowego i masłowego. — Tłuszcze stałe, np. łój, są tłuszczami przeważnie kwasów: stearynowego i palmitynowego i t. d.

4. **Mydło.** — Jak z powyższego wynika, mydła są to sole kwasów tłuszczowych. — Mydła używane do prania są to sole sodowe *Na* lub potasowe *K*, wyrabiane przeważnie z tych tłuszczów, w których skład wchodzi kwasy: stearynowy, olejowy i margarynowy. Mydło do prania jest to więc mieszanina stearynianów, olejanów i margarynianów sodowego lub potasowego. Mydła sodowe

są twarde, mydła potasowe są miękkie. — I jedno i drugie są solami rozpuszczalnymi w wodzie, nadto przy zbełtaniu z wodą wytwarzają pianę. Mają smak ługowaty, bo woda rozkłada je częściowo (hydrolizuje) na wolny nierozpuszczalny kwas i rozpuszczalną zasadę. Stąd roztwory mydła barwią lakmus na niebiesko. Dla tych to własności mydła te są pospolite używane do prania. — W wodzie twardej, a więc zawierającej sole wapniowe (p. str. 68), mydło nie pieni się odrazu, gdyż w miarę rozpuszczania się mydła zachodzi przemiana sodowych soli (mydła) na wapniowe, a wapniowe sole kw. tłuszczowych nie dają piany, bo są nierozpuszczalne. Dopiero gdy wszystkie sole wapniowe, zawarte w twardej wodzie, zostaną w ten sposób mydłem strącone, dalsze rozpuszczanie się mydła daje z wodą pianę. Stąd woda twarda zużywa dużo mydła i jest do prania nieodpowiednia. (Próba z wodą studzienną i z wodą deszczową, lub przegotowaną).

5. Zużytkowanie tłuszczów. — Tłuszcze, jak o tem była mowa (str. 154), stanowią nieodzowny składnik pokarmowy. Dorosły człowiek potrzebuje na dobę średnio 75 g tłuszczów, przeważnie jako materiału do odbudowy zużytych tkanek. Pobiera się go w pokarmach, zawierających z natury obok innych części także i tłuszcze, np. w chlebie (str. 156), mleku, lub też dodaje się do potraw osobno np. w postaci masła, smalcu, oliwy i t. d.

Zużytkowanie tłuszczów do różnych przetworów chemicznych jest również bardzo wielkie i rozmaite. — Z tłuszczów wyrabia się: stearynowe świece, mydło, glicerynę. Z gliceryny działaniem stęż. kw. azotowego, otrzymuje się jeden z najpotężniejszych środków wybuchowych, t. zw. nitroglicerynę, z której wyrabia się dynamit. — Dynamit ma ogromne zastosowanie nie tylko wojenne, lecz i pokojowe: w górnictwie, do rozsadzania skał. — Pewne gatunki tłuszczów służą do wyrobu pokostów, t. zw. schnących czyli sekaty w (olej lniany), inne znów do preparowania skór (tran) i t. d.

Pytania: — 1) Jakie są ogólne cechy tłuszczów? — 2) Jak odróżnić olej naftowy od oliwy jadalnej? — 3) Czy wazelina jest właściwym tłuszczem? — 4) Czy tłuszcz z plamy wywabianej benzyną ulotni się wraz z benzyną? — 5) Dlaczego do prania silnie zatłuszczonych przedmiotów używa się ługu sodowego? — 6) Jakie kwasy wchodzi w skład tłuszczów i co jeszcze wraz z niemi? — 7) Czy stearyna jest kwasem tłuszczowym? — 8) Które mydła rozpuszczają się w wodzie, a które nie? — 9) Jakiemi środkami można przeprowadzić rozkład tłuszczów? — 10) Dlaczego woda deszczowa jest do prania najodpowiedniejsza?

5. Białka.

1. Własności ogólne ciał białkowych. — Typowym przedstawicielem ciał białkowych jest białko kurzego jaja. — Po rozbiciu świeżego jaja kurzego wylać zeń można i oddzielić od żółtka ciągliwą ciecz wodnistą. Ciecz ta jest to roztwór wodny materji białkowej, zwanej albuminem. Po rozcieńczeniu wodą przez powolne odparowywanie (w suszarce poniżej 40°), można z niej wydzielić suchy albumin w postaci błyszczących żółtawych łusek. — Białkowata ciecz jaja kurzego zawiera go ok. 12% . — Gdy jaje ugotujemy, to wodniste białko zmienia się na galaretowatą białą substancję. Jest to białko ścięte. — Przekonać się łatwo, że do „ścięcia“ białka (koagulacji) wystarcza temp. 70° .

Ogrzejmy w próbówce kawałek ściętego białka. Wskutek prażenia białko się nie ulatnia, lecz rozkłada, wydzielając nieprzyjemną woń palonego rogu, skóry lub wełny i pozostawiając czarny węgiel. Z próbówki uchodzi para wodna, bezwodnik węglowy, amonjak, siarkowodór. Obecność tych właśnie produktów rozkładu białka stwierdza, że białko składa się z węgla *C*, wodoru *H*, tlenu *O*, azotu *N*, a także siarki *S*, a nieraz też i fosforu *P*. Dokładne badanie okazuje, że siarki jest w nim mały tylko procent.

Zadajmy nieco rozcieńczonego wodą białka w oddzielnych próbkach: 1) kw. solnym lub siarkowym, 2) czystym alkoholem, i zakłóćmy. Białko się zetnie, — „skoaguluje“.

Do roztworu białka w próbówce dolewajmy kroplami rozcieńczony roztwór siarczanu miedzi; opada osad serowaty, który po dodaniu paru kropel roztworu sody żrącej — fioletowieje. Tak samo jak siarczan miedzi, działają też na białko niektóre inne sole metali ciężkich, np. rtęci.

Wylejmy na miseczkę białko świeżo wybite z jaja i pozostawmy je w otwartem powietrzu. Po paru dniach białko „zepsuje się“. Czuć go będzie nieprzyjemną wonią siarkowodoru i amonjaku. Jest to gnicie białka, rodzaj fermentacji, powodowanej pewnemi drobnoustrojami, zawartemi w pyłku powietrza. Jest to fermentacja gnilna.

Zestawienie: — 1) *Białka są to organiczne połączenia, złożone z: C, H, O i azotu N. W skład ich wchodzi nadto siarka S, a nieraz i fosfor P.* — 2) *Za ogrzaniem białka, w szczególności albuminy, ścinają się.* — 3) *Kwasy i alkohol*

powodują też ścinanie się białka. — 4) *Sole niektórych ciężkich metali*, np. Hg, strącają z roztworu białek osad (albuminatów). — 5) *Na powietrzu białka ulegają fermentacji gnilnej*.

2. Rodzaje białek. — Pokarmy białkowe — Wszystkie ciała organiczne, które swym składem i powyżej wyszczególnionemi własnościami zbliżone są do białka jaja kurzego, zaliczamy do ciał białkowych. Wszystkie białkowe ciała są pochodzenia albo zwierzęcego, albo roślinnego. Są one niezbędną częścią pokarmu, jako że stanowią niezbędny materiał do budowy tkanek i pokrycia strat, które organizm zwierzęcy ponosi w azocie przez wydzielanie moczu, zawierającego w sobie różne związki azotowe, np. moczownik, mocznik i t.d. — Proces trawienia białek polega na przeprowadzeniu ich w stan rozpuszczalny, w t. zw. peptony, co staje się pod wpływem fermentu pepsyny, zawartej w soku żołądkowym i trzustkowym (p. str. 150).

W skład białkowych pokarmów człowieka wchodzi następujące główne rodzaje białek:

a) *Białka zwierzęce*: albumin — w jajach, sernik w mleku, włóknik — w krwi i mięsie, oseina — kościach.

b) *Białka roślinne*: gluten — w mące zbożowej (p. w. str. 156), a więc w chlebie legumin — w owocach strączkowych (np. w grochu, soczewicy, fasoli).

Albumin. — Własności białka jaja kurzego (albuminu) podaliśmy powyżej (str. 163), tu wymienimy odrębne cechy innych rodzajów białek.

Sernik — stanowi obok albuminu, główny rodzaj białka w mleku. — Skład mleka jest następujący: 85—90% — woda, 10—15% — sernik, albumin, tłuszcz, cukier, t. zw. mlekowy. — Świeże mleko, pozostawione w spokoju, oddziela samorzutnie zawarty w nim w postaci kropelek tłuszcz (śmietanę). Warstwę dolną (mleko zebrane) stanowi głównie woda z rozpuszczonemi w niej: białkiem i cukrem. — Nadto mleko, pozostawione otwarte w powietrzu, szczególnie w cieple, zsiada się — kiśnie (mleko zsiadłe). — Pochodzi to stąd, że do mleka z powietrza dostają się pewne drobnoustroje, które rozmnażając się podobnie jak drożdże, wywołują fermentację cukru mlekowego, wytwarzając zeń kwas mlekowy. Ten kw. mlekowy powoduje ścinanie się białka mlekowego (sernika), a więc mleko staje się kwaśnem i ściętem. Jest

to właśnie mleko zsiadłe (t. zw. podśmietanie). — Wydzielony z zsiadłego mleka sernik służy do wyrobu sera. — Ze śmietany wybija się masło, jako produkt tłuszczowy.

Włóknik — jest to białko krwi. — Krew wylana ścina się na powietrzu samorzutnie. Pochodzi to od zawartego w niej włókniaka. — Dzięki tej własności włókniaka brocząca krwią ranka sama się zatyka powstałym skrzepem. Świeża, nieścięta krew, wlana do próbówki, wytwarza skrzep, który osiadając, ściąga za sobą ciała krwi (Fig. 136 b). Na dole osiada skrzep, u góry — powstaje jasna ciecz surowica krwi (Fig. 136 a). — Zawartość włókniaka w mięsie wynosi ok. 16⁰/₁₀₀. Mięso jest więc b. bogatym pokarmem białkowym. — Zawartość krwi w organizmie ludzkim stanowi ok. ¹/₁₃ całego ciężaru ciała, a więc u dorosłego człowieka wynosi ok. 5—6 kg.

Gluten i legumin. — Są to białka roślinne. — Gluten przeważa w ziarnach zbożowych (p. str. 148), legumin w owocach strączkowych np. grochu, fasoli i t. d. W mące zbożowej zawartość tych białek wynosi ok. 17⁰/₁₀₀. — Obok skrobi (70⁰/₁₀₀) stanowi więc białko drugi główny odżywczy składnik mąki.

3. Zużytkowanie białek. — 1) Białka są zużytkowane głównie w formie najróżnorodniejszych pokarmów. Najważniejszym pokarmem białkowym jest mięso zwierząt i ryb, a także inne produkty zwierzęce, np. jaja, mleko, ser. — Ponieważ produkty roślinne zawierają również dostateczną ilość materiału białkowego, przeto człowiek może się obejść bez pokarmu mięsnego. Nadużywanie pokarmu mięsnego, może być nawet szkodliwe zdrowiu, gdyż białka zwierzęce są trudniej strawne, niż białka roślinne.

2) Nadto różne rodzaje białek służą do wyrobu wielu produktów technicznych, pospolicie używanych. — Najważniejszymi są przetwory oseinowe i sernika.



Fig. 136a. Krew świeża, wypuszczona z organizmu — ścina się, wytwarzając: skrzep ciemno-czerwony, który osiada na dnie naczynia, i surowicę (osocze), jako jasnożółty płyn.



Fig. 136b. Krew ludzka widziana pod mikroskopem b. silnie powiększona: mniejsze ziarna — to czerwone ciałka; większe — to białe ciałka krwi.

Oseina — jest to rodzaj białka zwierzęcego, który się znajduje w kościach, ścięgnach, skórze i t. p. częściach ciała zwierzęcego. Przez długotrwałe gotowanie odpadków zwierzęcych z wodą oseina w nich zawarta przetwarza się w produkt, zwany żelatyną.

Żelatyna — oczyszczona jest to ciało, bezpostaciowe, bezbarwne i przeźroczyste. W wodzie gorącej, przeciwnie jak białka, rozpuszcza się. W wodzie zimnej pęcznieje i mięknie. Po ochłodzeniu gorącego roztworu żelatyny całość zastyga w galaretowatą masę. — Galarety mięsne i rybne, przyrządzane jako potrawy, ścinają się na zimno właśnie wskutek zawartości żelatyny, wygotowanej z tych produktów.

Klej rybi, sprzedawany w arkusikach pod nazwą żelatyny, używany do potraw, jest produktem oczyszczonym, otrzymywanym z odpadków rybnych a także i zwierzęcych. Ma wielkie zastosowanie do wyrobu płyt fotograficznych.

Karuk, czyli klej stolarski, jest natomiast żelatyną surową (nieoczyszczoną). Używa się go powszechnie do robót stolarskich, stąd nazwa.

Galalit — jest to produkt wytwarzany z sernika za działaniem formaliny. Galalit przedstawia materiał bezbarwny, przezroczysty, twardy jak róg, dający się doskonale obrabiać. Służy do wyrobów galanteryjnych, podobnie jak celuloid (str. 159) i ebonit (str. 143).

Pytania: — 1) Czy przez spalenie wyróżnić można tkaninę wełnianą od bawełnianej? — 2) Jaki jest skład i główne własności białek? — 3) W co zamieniają się białka przy trawieniu, a w co przy gniciu? — 4) Jaki jest skład niezbieranego mleka? — 5) Dlaczego mleko ścina się i kiśnie? — 6) Co to jest ser, a co masło? — 7) Jakie rodzaje białek są roślinne, a jakie zwierzęce? — 8) Czy żelatyna jest naturalnem białkiem? — 9) Różnica pomiędzy galalitem, ebonitem i celuloidem?

ROZDZIAŁ VII.

GLEBA.

1. Czem jest gleba i jak powstała gleba?

1. Co nazywamy glebą? — Istnienie przeważnej ilości roślin, tak zwanych „ładowych“, związane jest zawsze z ziemią jako podłożem, na którym roślina może powstawać i rozwijać się, słowem żyć. Dotyczy to zarówno drobnych roślin polnych, np. traw, mchów i t. d., jak i potężnych drzew. — Warstwa ziemi, na której rośliny wzrastać mogą, — jest to właśnie gleba, stykająca się bezpośrednio z powietrzem. — Jeśli warstwa ta nadaje się do hodowli użytecznych dla człowieka roślin, np. zbóż, i w tym celu jest uprawiana, będzie to gleba „uprawna“.

Zarówno gleba „naturalna“, t. j. nieuprawiana, na której dziko rosną rośliny, jako też i gleba uprawna — posiadają jedną wspólną cechę fizyczną:

jest nią rozdrobnienie materiału skalnego, z którego się gleba składa. — Na zwartym materiale skały naturalnej, np. na powierzchni zwarłego piaskowca, wapienia, granitu i t. p., nie mogą żyć rośliny opatrzone większymi korzeniami



Fig. 137. — Gleba stanowi nawierzchnię ziemi, w której rozróżniamy: *G* — właściwą glebę; *P* — podglebie; *S* — skałę, stanowiącą podłoże.

mi i tylko wyjątkowo nieliczne gatunki drobniejszych roślin (np. mchy, porosty) wegetować są tu w stanie. — Na fig. 137 wyobrażony jest

przekrój pola uprawnego. Daje ona nam pojęcie o tem, czem jest i co przedstawia gleba. — Na rycinie tej rozróżniamy 3 części gleby:

1) Warstwa górna, przeważnie ciemniejsza, 20 — 30 *cm* gruba — jest to „właściwa“ gleba. W tej to właśnie warstwie rozwija się głównie korzeniowa część roślin uprawnych i dlatego to rolnik dba przede wszystkim o jej uprawę zarówno mechaniczną (oranie, bronowanie i t. d.), jak i chemiczną (nawożenie).

2) Warstwa głębsza, leżąca bezpośrednio pod właściwą glebą — jest to t. zw. „podglebie“. Warstwy tej przy uprawie nie dotyka już przeróbka mechaniczna, lecz w głąb jej także wrastają korzenie roślin uprawnych, np. zbóż.

3) Trzecią warstwą najgłębszą jest t. zw. „podłoże“ gleby. Tu sięgać mogą korzenie większych roślin, w szczególności większych drzew, jeśli podłoże to nie jest zwartą skałą.

2. Powstawanie gleby. — 1. *Na czem polega wietrzenie skał.* — Przemiany, które ze skały zwartej wytwarzają materiał rozdrobiony i częściowo przynajmniej przeistoczony w swym składzie — zwiemy wietrzeniem skał. — Sprawę wietrzenia skał, już w pierw kilkakrotnie rozważaliśmy przygodnie, a mianowicie: w opisie własności granitu (str. 116), przy omawianiu działania wód lądowych na podłoże skalne (str. 65), z okazji wyjaśnienia, jakiego rodzaju skałą są piaskowce (str. 103) i t. d. Obecnie raz jeszcze rozpatrzmy rzecz tę nieco obszerniej ze względu na rolę, jaką proces wietrzenia skał odgrywa w tworzeniu się gleby.

W procesie wietrzenia skał, rozróżniać należy dwojakiego rodzaju przemiany: 1) mechaniczne — rozdrobienie materiału skalnego; oraz 2) chemiczne — przeobrażenia, jakim niektóre skałotwórcze minerały (np. skałki) ulegać mogą. Przemiany te są niezwykle powolne, gdyż czynniki, które je wywołują, działają nieznacznie i stopniowo, mimo to w okresach czasu, liczonych na tysiące lat, skutki ich działania są ogromne. Wiemy już np., że przez zwietrzenie granity — te istotnie najtrwalsze skały — przeistaczają się powoli w rozdrobiony materiał: iłów, gliny, piasków. — Co to sprawia, jakimi są czynniki tu działające?

2. Czynniki wietrzenia. — Głównymi czynnikami, które powodują proces wietrzenia skał, są: — 1) woda, jako środek mechanicznego działania; — 2) woda i powietrze — jako ciała, oddziaływujące chemicznie; — 3) zmiany temperatury, wywołujące

zamarzanie wód, względnie tajanie śniegu i lodów, wytwarzanie się opadów atmosferycznych; oraz dodatkowo — 4) szata roślinna, która zarówno chemicznie jak i mechanicznie oddziaływać może na podłoże skalne. — Rozważmy bliżej osobno rolę każdego z tych czynników.

1) Zamarzanie wody — jako przyczyna rozkruszania skał. — W porównaniu do przeważającej większości pospolitych ciał woda ma, jak wiemy, tę właściwość, że przy krzepnięciu nie zmniejsza, lecz przeciwnie w wysokim stopniu zwiększa swą objętość właściwą (str. 69). Wystarczy przypomnieć poznane poprzednio doświadczenie z butelką wody, wystawioną zimową porą na działanie mrozu (Fig. 60). Gdy woda w butelce skrzepnie na zwartą masę lodu — najsilniejsza nawet butelka pęknie, a to wskutek ogromnego ciśnienia, jakie tu wytworzyć się musi wobec rozszerzania się krzepnącej wody. To rozszerzenie się wynosi bowiem aż 93 cm^3 na 1 *litr* ciekłej wody. — Tak samo jak z butelką, stać się może z każdym zamkniętym naczyniem, a więc także i ze szczeliną skalną, wypełnioną wodą, z której zimową porą powstaje lód. — Lód ten, jak wbijany klin, rozsadza brzegi szczeliny: skała więc pęka, rozpada się, początkowo na większe, następnie coraz to drobniejsze części. Z bloku zwartej skały z biegiem czasu tworzy się skruszony materiał skalny.

2) Ruch wody i lodu — jako czynnik kruszenia i przenoszenia materiału skalnego. — Woda atmosferyczna, która spada na ziemię, spływa po jej powierzchni jako ciecz. W ruchu swym unosić może materiał skalny większych i mniejszych rozmiarów w zależności od siły prądu. — To samo, lecz w niezwykle większym rozmiarze, dzieje się na tych wysokościach górskich, gdzie panują wieczne śniegi i lodowce. Tam lodowce zsuwają w doliny całe zwały potężnych bloków skalnych. Bloki te w ruchu swym ocierają się o zbocza skał, łamią wystające ich części, a same ścierają się i kruszą. — Stąd powstały w górach kotliny i doliny lodowcowe, widoczne dziś nawet tam, gdzie już lodowce zanikły, np. u nas w Tatrach. Są niemi przepiękne kotliny i doliny Czarnego Stawu, Morskiego Oka i t. d. Wszystkie te doliny — są to twory t. zw. erozji lodowcowej. — Lodowce pokrywały niegdyś nie tylko najwyższe góry, jak u nas Tatry, lecz istniały też i w niższych od nich Karpatach, a gdzie indziej pokrywały sobą ogromne przestrzenie, jak i dziś jeszcze pokrywają rozległe obszary Grenlandji. — Takimi lodowcami pokryte były niegdyś również góry Skandynawji i całe morze Bałtyckie. Języki

tych lodowców skandynawskich sięgały aż do północnych części niżu Polskiego. — Ślady tego mamy obecnie w postaci granitowych głazów narzutowych, które z lodowcami temi ze Skandynawji do nas zawędrowały. — Ta epoka lodowcowa nie jest zbyt od naszych czasów odległa, przeciwnie jest ona w stosunku do wieku skorupy ziemskiej bardzo niedawna. W epoce tej na ziemiach dzisiejszej Polski żył licznie mamut i nosorożec, którego okaz nawet z ciałem i skórą odnaleziono w 1910 r. w Staruni koło Nadwórnej. Natrafiono nań przy kopaniu szybu w poszukiwaniu wosku ziemnego, a dziś możemy rzadką tę wykopalinę oglądać w muzeum im. Dzieduszyckich we Lwowie.

3) Chemiczne oddziaływanie wody i powietrza — na materiał skał. — Woda wysycona powietrzem, stykając się z powiechnią skał, może na ich materiał oddziaływać: rozpuszczająco oraz chemicznie. — Tem działaniem wody zajmowaliśmy się już kilkakrotnie, a mianowicie: *a)* przy omawianiu składu wód źródłanych i mineralnych (str. 64—66); *b)* przy wyjaśnianiu przyczyny tworzenia się grot i potoków podziemnych w skałach wapniowych (str. 110—111); *c)* przy wytłumaczeniu przemiany łyszczyków i skałeni w glinę (str. 116). — W szczególności ta ostatnia przemiana jest najwymowniejszym dla nas przykładem chemicznego oddziaływania wody na materiał nawet tak trwały, jakim jest granit. — Z trzech składników granitu: kwarcu, skałenia i łyszczyku, tylko kwarczec nie poddał się działaniu wody, dwa pozostałe minerały uległy powoli procesowi przeobrażenia chemicznego, którego wynikiem ostatecznym jest glina (kaolin).

4) Rośliny, jako czynnik wietrzenia. — Na zwartej skale żadna większa roślina rość nie może, nie ma bowiem możliwości zapuszczenia w głąb swych korzeni. Tylko rośliny najprostsze, jakimi są np. różne mchy i porosty, mogą z podłoża takiego korzystać i na niem wzrastać, jak to widzimy na omszałych blokach zwalów skalnych. Rośliny takie, przywierając do zwałowego podłoża skały, są w stanie wydobywać z niego potrzebne im składniki pokarmu mineralnego, oczywiście przy współudziale wody. Rośliny te działają więc na materiał skalny chemicznie, a więc przetwarzają go powoli z powierzchni. — To samo czynią i rośliny korzeniowe, ale tylko tam, gdzie powierzchnia ich korzonków (p. Fig. 143) styka się z materiałem skały. Lecz korzenie wrastać mogą tylko w podłoże miękkie, rozdrobnione, a nie w zwartą skałę. Jeśli zdarzy się, że to miękkie

podłoże zapełnia szparę lub szczelinę skalną, wtedy korzenie nawet większych roślin wrastać w nie mogą. Wrastając i grubiejąc w szczelinie takiej — korzenie większe uciskają na jej ściany, rozpierają je, działają więc na skałę tak samo jak klin, wbijany przez kamieniarza w blok kamienny celem rozsadzenia. — Z powyższego wynika, że szata roślinna, pokrywająca skały, może powoli zarówno chemicznie, jak i mechanicznie przetwarzać materiał skalny, a więc powodować wietrzenie skał.

3. Gleba jako produkt zwietrzenia. — Rozdrobione produkty zwietrzenia skał najczęściej nie pozostają na miejscu swego powstania, przeciwnie, działaniem spływających wód, znoszone są w miejsca coraz to niższe. Przyczem następuje zróżnicowanie unoszonego przez wody materiału, np. piasek zostaje oddzielony od ilów i gliny. To samo czynią też i wiatry, jak o tem świadczą piaszczyste wydmy lub nawiane gliny. — Rozdrobniony materiał skalny zmywany wodami i przewiewany wiatrami, może w sprzyjających warunkach zalec pewien teren i wytworzyć świeżą warstwę ziemną. Dopóki warstwa ta pozostaje warstwą powierzchniową, t. j. znajduje się w styczności z powietrzem, tak długo stanowić ona może podłoże, przydatne dla wzrostu roślin. — Wytworzona drogą powyżej opisanych przemian ze zwietrzałego materiału skalnego nowa warstwa ziemna — stanowi nawierzchnię, którą nazywamy glebą naturalną.

2. Składniki gleby.

1. Woda w glebie. — Garść świeżo wyjętej łopatą ziemi (np. ogrodowej) ogrzewajmy zwolna w miseczce porcelanowej. Wnet z nad miseczki wydobywać się pocnie para. Można ją nawet skroplić, ustawivszy nad miseczką lejek szklany (p. str. 129), Gdybyśmy odważyli ilość użytej ziemi i straćę na ciężarze po jej wysuszeniu, oznaczylibyśmy zawartość w niej wody. — Zależnie od wilgotności (w dnie suszy, lub deszczu), ta sama gleba zawierać może różne ilości wody.

2. Próchnica. — Z otrzymanej poprzednio wysuszonej ziemi umieścimy małą jej próbkę w tygielku żelaznym lub porcelanowym (Fig. 138) i wyprażmy,

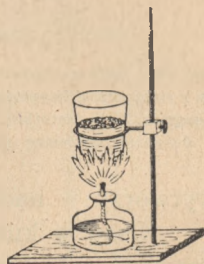


Fig. 138. Prażenie próbki gleby — w otwartym tyglu powoduje spalenie się zawartej w glebie próchnicy.

żarząc aż do czerwoności. — Początkowo ciemne jej zabarwienie staje się mocniejsze, poczem z tygielka wydobywają się dymy, wreszcie próbka traci pierwotny ciemny kolor. — Przez wyprażenie usunęliśmy z gleby jej części organiczne, które najpierw się zwęgliły (p. str. 121), a następnie w dostępie powietrza spaliły się całkowicie. Ta część organiczna, zawarta w każdej glebie, jest to właśnie próchnica. — Przez zważenie próbki, umieszczonej w tyglu, przed i po wyprażeniu, można oznaczyć zawartość w niej próchnicy. Ciemne gleby: torfy, czarnoziem, zawierają najwięcej próchnicy. — Jasne piaski i gliny — znacznie mniej.

3. Piasek. — Wyprażoną próbkę gleby w ilości 30–50 g, rozkruszymy w moździerzu i przesiejemy przez niezbyt cienkie sito. Na sicie zostaną większe okruchy i ziarna. Jest to piasek. Składa się on przeważnie z krzemionki (p. str. 101). — Zawartość piasku w różnych glebach jest bardzo różna.

Przesianą przez sito część próbki z poprzedniego doświadczenia rozbełtajmy w wysokiej zlewce z wodą (Fig. 139). Wnet na dnie utworzy się szarawy osad, a nad nim powstanie mętna ciecz. Spuścimy

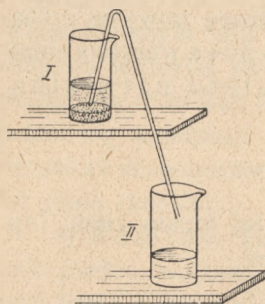


Fig. 139. Szlamowanie: woda z naczynia I wypłukuje do naczynia II z materiału gleby delikatną zawiesinę gliny.

ciecz tę lewarkiem, jak na Fig. 139, do innego, większego naczynia II. Poczem raz jeszcze skłóćmy osad ze świeżo dolaną ilością wody w poprzednim I naczyniu i znów mętną ciecz odciagniemy lewarkiem do naczynia drugiego II. Zabieg ten można powtórzyć kilkakrotnie i dojść do tego, że pierwotna próbka (w naczyniu I) przestanie już mącić wodę. — Zabieg ten nazywamy szlamowaniem. — Przez szlamowanie rozdzieliliśmy materiał próbki na 2 części: 1) osad w kubku I, złożony z drobnych ziarn, 2) zawiesinę w kubku II, czyli t. zw. szlam, który bardzo powoli, niekiedy po upływie wielu godzin dopiero,

wytworzy w naczyniu II delikatny szary osad.

Osad w kubku I zadajemy kw. solnym. Przekonamy się, że się burzy, a uchodzący zeń gaz mąci wodę wapienną. Osad ten zawiera więc w sobie węglany (p. str. 106), w szczególności wapień. Nie cały ten osad jednak daje się rozłożyć kwasem: pozostaje zeń część ziarnista. — Jest to znów piasek, a więc krystaliczna krzemionka, tylko o ziarnach drobniejszych, niż ten, co pozostał na sicie.

4. Glina. — Wyszlamowana zawartość gleby tworzy dalszy składnik gleby: jest nim glina. — Glina (p. str. 103) nie ulega działaniu kwasów, to też ilasty osad, który po odstaniu się zbieramy w kubku II, czyli szlam, nie burzy się po zadaniu kwasem solnym. Ten szary, niezmiernie delikatny osad gliny, po zlanu zeń wody i częściowem wysuszeniu, przedstawia miękką masę, dającą się z łatwością ugniatać.

Wniosek: — *Głównymi składnikami gleby są:*
1) woda, 2) próchnica, 3) piasek, 4) wapień, 5) glina.

3. Rodzaje gleb.

Ponieważ poznane powyżej główne składniki gleby: woda, próchnica, piasek, wapień i glina występować mogą w różnych glebach w rozmaitem do siebie ustosunkowaniu, a często z ogromną przewagą jednego z nich, przeto jest rzeczą słuszną rozróżniać gatunki gleb na podstawie składnika najgłówniejszego.

Rozróżniamy więc następujące główne rodzaje gleb:

1. Gleby piaszczyste — z przewagą piasku, o nieznacznej zawartości gliny i próchnicy. Są one dla wody przepuszczalne. Dają się łatwo uprawiać. Są to t. zw. gleby lekkie. Barwa ich jest jasna.

2. Gleby gliniaste. — Tu należą gleby z przewagą gliny, a z mniejszą lub większą zawartością piasku. Są to gleby naogół t. zw. ciężkie. Nazwa ta pochodzi stąd, że glina, jako materiał plastyczny, pęczniący od wilgoci, a wysychający na zwartą masę podczas suszy, trudniej daje się uprawiać, niż sypki piasek. Barwa gleb gliniastych jest również jasna. Gleby te są dla wody nieprzepuszczalne. Stąd gleby nawet piaszczyste, lecz mające podłoże gliniaste, nie wysychają tak szybko, jak gleby o podłożach piaszczystych. — Do tej kategorii gleby należą też gleby ilaste, a także urodzajne lessy.

Przepuszczalność gleb. — Tę znamioną, a niezmiernie ważną dla rolnictwa różnicę gleb piaszczystych i gliniastych względem wody objaśnia następujące doświadczenie. — Opatrzmy otwory dwu większych lejków (Fig. 140) zatyczką z waty.

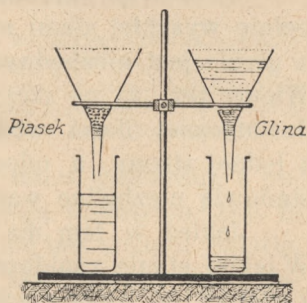


Fig. 140. Przepuszczalność piasku i gliny: woda przechodzi przez piasek z łatwością, a zostaje zatrzymana przez glinę.

Wprowadźmy do jednego z lejków nieco przesianego piasku, a do drugiego nieco rozbełtanej gęstwy z gliny (najlepiej z poprzedniego doświadczenia). Poczem nalejmy do każdego z lejków odrazu po szklance wody. — Woda w lejku z piaskiem odrazu przesącza się przez warstwę piasku i klarowna ścieka do podstawionego kubka. Woda w lejku z gliną przez czas jakiś kroplami sączyć się będzie również w postaci mętnego przesączu, poczem jednak i to ustanie. Widoczna, że na dnie sączka osiadła warstewka gliny nie przepuszcza przez się wody.

3. Gleby marglowe — zwane inaczej **rędzinami**, lub **borowinami**. Są to gleby ze znaczną zawartością wapienia. Powstały one ze zwietrzenia skał wapiennych. Ich barwa może być: jasna (biaława lub żółtawa) lub ciemna. Dla wody są one przeważnie przepuszczalne, jeśli nie zawierają w sobie znaczniejszej ilości gliny. — Borowiny są to gleby naogół urodzajne.

4. Gleby próchnicowe. — Tu należą **czarnoziem**y, jako też gleby torfiaste. Powstały one ze szczątków roślinności, która przez długie okresy czasu na podłożu tem samem wzrastała i obumierała. Materiał organiczny tych roślin, zmieniony przez długotrwałe chemiczne działanie wody i powietrza — wytworzył właśnie te znaczniejsze ilości próchnicy, zmieszanej z mineralnymi częściami podłoża. — Są to gleby barwy ciemnej, niekiedy prawie czarnej. — Czarnoziem jest najbardziej urodzajnym gatunkiem gleby.

4. Gleba jako źródło pokarmu dla roślin.

1. Główne składniki materji roślinnej. — Wiemy, że na zupełnie wyschłej ziemi roślina żyć nie może. Zawartość więc wody w glebie jest niezbędnym warunkiem dla utrzymania życia rośliny. — Wiemy też, że na szczerym piasku, np. wydmyowym, mimo nawet dostatecznej ilości wody, rośliny nie rosną prawie. — Woda więc z jednej strony, a odpowiedni skład chemiczny gleby z drugiej — stanowią niezbędne warunki dla utrzymania życia rośliny.

Jakież w tem ma znaczenie woda, a jakie skład gleby? — W jakim stanie znajdować się musi pokarm, pobierany przez rośliny z gleby? — Odpowiedź na te zasadnicze pytania dać nam może jedynie znajomość chemicznych przemian, jakie w roślinie zachodzą.

Głównymi składnikami materji roślinnej (p. str. 121) są t. zw. związki organiczne, czyli związki węgla. Należą tu, jak wiemy:

węglowodany (p. str. 143), tłuszcze (p. str. 159) i białka (p. str. 163). — Chemicznymi składnikami tych związków są następujące pierwiastki: węgiel *C*, wodór *H*, tlen *O*, azot *N*, oraz fosfor *P*. Są to składniki główne. — Oprócz nich, w znacznie mniejszej ilości, wchodzi w skład materiału roślinnego następujące pierwiastki: potas *K*, wapń *Ca*, magnez *Mg*, żelazo *Fe*, oraz siarka *S*. Są to składniki t. zw. mineralne. — Wreszcie woda, jako taka, stanowi główną część każdej organicznej tkanki.

Stwierdzono np., że surowe drzewo zawiera ok. 50% wody, a owoce np. jabłka, gruszki i t. p. — daleko więcej; najmniej — dojrzałe nasiona (12—15%). Średnio zawartość wody w całej roślinie stanowi $\frac{2}{3}$ jej ciężaru.

Jak więc i które z powyższych składników roślina przyswaja z gleby, a które z powietrza?

2. Pierwiastki przyswajane z powietrza. — Węgiel *C*, ten zasadniczy i najgłówniejszy pierwiastek każdego połączenia organicznego, jest, jak wiemy (str. 123), przyswajany przez roślinę wyłącznie z powietrza, a mianowicie z bezwodnika węglowego CO_2 , znajdującego się zawsze w powietrzu w ilości ok. 3 *litrów* na 10 000 *litrów* powietrza. — Ta asymilacja węgla z bezwodnika węglowego odbywa się przy pomocy światła słonecznego w zielonych częściach rośliny, jakimi są liście, łodygi i t. d. — Ciałem pośredniczącym jest tu chlorofil w postaci zielonych ziarenek, wypełniających wnętrza komórek (Fig. 140).

Tlen *O* — roślina czerpie częściowo z powietrza, w którym wolny tlen znajduje się w ilości 20%, częściowo z wody, dostarczanej z gleby. Część tlenu, pobierana z powietrza, wchodzi w skład związków rośliny drogą utleniania. Jest to proces oddychania rośliny, odbywający się bez udziału światła.

Azot *N* — natomiast nie jest naogół asymilowany przez roślinę wprost z powietrza (z wyjątkiem niektórych roślin, p. n. str. 181), aczkolwiek znajduje się w powietrzu w przeważającej ilości ok. 80%. Dzieje się to wskutek tego, że wolny azot w przeciwieństwie do tlenu jest chemicznie mało czynnym pierwiastkiem.

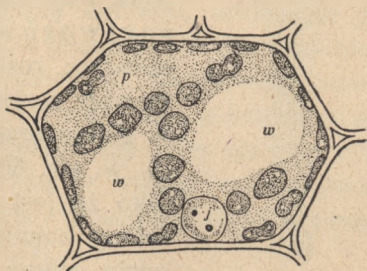


Fig 141. Komórka roślinna, zawierająca: oprócz zasadniczych składników — 1) *p* — protoplazmy oraz 2) *j* — jądra, także liczne ziarna 3) chlorofilu i 4) *w* — wodniczki z sokiem komórkowym.

3. Pierwiastki przyswajane z gleby. — Wszystkie inne, wyż wymienione pierwiastki, wchodzące w skład związków organicznych roślinnych, a więc: azot *N*, wodór *H*, fosfor *P*, nadto pierwiastki mineralne: sód *Na*, potas *K*, wapń *Ca*, magnez *Mg* i żelazo *Fe* — muszą więc rośliny czerpać z gleby. — Zapomocą jakich narządów? — Oczywiście, tylko temi częściami swego organizmu, które tkwią w ziemi, a więc zapomocą korzeni (Fig. 142).

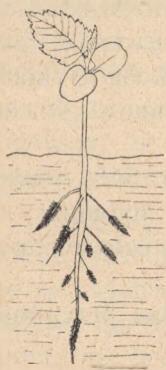


Fig. 142. Korzeń młodej roślinki (grabu).

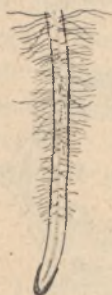


Fig. 143a. Korzonek rośliny z włosnikami i czapczką.



Fig. 143b. Włosniki korzonkowe silnie powiększone.

5. Rola wody w odżywianiu roślin.

1. Woda jako rozczynnik dla pokarmu. — Pokarm, czerpany przez roślinę z gleby zapomocą korzeni, nie mógłby dostać się do wnętrza komórek, tworzących rozmaite tkanki roślinne, gdyby nie był w stanie rozpuszczenia, t. j. roztworu, podobnie jak i pokarm, pobierany przez organizmy zwierzęce (p. str. 155). Oczywiście, że rozczynnikami tych pokarmowych roztworów może być tylko woda. — Roślina więc czerpie swój pokarm z gleby zapomocą roztworów w wodnych. Wyrażamy to obrazowo mówiąc: roślina czerpie „soki“ z ziemi. Soki te są to więc roztwory powstałe ze związków zawartych w glebie przez powolne rozpuszczanie ich w wodzie (p. w. str. 66). Materiał odżywczy w nich zawarty, jako że jest w roztworze, dyfundować może poprzez ściany komórek. Oczywiście dzieć się to będzie tam, gdzie ściany komórek, tworzących tkankę, nie są zdrewniałe, a więc na ścianach młodych komórek. — Z takich to właśnie młodych komórek, utworzone są włoski korzenia. Fig. 143a i 143b wyobrażają nam szczyt korzenia z włosnikami.

2. Wyparowywanie wody z roślin. — Ilość wody, czerpanej przez rośliny z gleby w postaci roztworów, jest ogromna. Woda ta przeważnie odparowuje z rośliny podczas jej wzrostu (wegetacji), a więc głównie w porze, gdy rośliny pokryte są liśćmi. — Stwierdzono, że na 1 *kg* wyprodukowanej przez roślinę suchej masy (np. łodygi, drewna, słomy,

ziarna i t.d.), odparowuje roślina średnio ok. 300 kg wody. — Jeśli przerachujemy to na zbiór płodów rolniczych np. żyta z 1 hektara, który wynosi średnio: ok. 22 q (centnarów) ziarna, 3 q plewy, 50 q słomy, czyli razem ok. 75 q = 7500 kg kilogramów suchej masy, to znajdziemy, że przy wyprodukowaniu tego suchego materiału rośliny podczas wegetacji swej odparować musiały aż:

$$300 \text{ kg} \times 7500 = 2\,250\,000 \text{ kg wody!}$$

Tę ilość wody, t.j. 2250 tonn z 1 ha roli rośliny pobrać więc musiały z gleby. Jedynie opady atmosferyczne mogły glebie tę ilość wody dostarczyć. — Łatwo obliczyć, że dla pokrycia tej ilości wody w glebie muszą opady atmosferyczne w 6 letnich miesiącach dostarczyć na 1 ha co najmniej 225 cm opadu. W rzeczywistości więcej, gdyż parowanie wody odbywa się również i z powierzchni gleby. Przyjmijmy, że wystarczająca ilość opadu jest równa 30 cm. Znaczy to, że woda spadła z deszczami, gdyby nie wsiąkła w ziemię i nie odparowywała, pokryłaby w tym czasie powierzchnię ziemi warstwą aż na 30 cm grubą! — Gdy letnie opady atmosferyczne są za małe, rośliny czerpią wodę częściowo z głębszych warstw (podglebia) nasyconych wodą opadów zimowych. To jednak dla roślin, nie mających głęboko zapuszczonych w ziemię korzeni, niezawsze jest możliwe. Stąd pochodzi potrzeba opadów deszczowych dla wszelkiego rodzaju roślin uprawnych, a także konieczność częściowego sztucznego nawadniania, jak to się dzieje na wielką skalę w krajach o niedostatecznej ilości opadów atmosferycznych (np. przy uprawie ryżu, bawełny, tytoniu i t.d.). Uprawa jarzyn w szczególności wymaga większych ilości wody. Stąd powszechnie stosowane jest podlewanie ogrodów warzywnych podczas dni suszy.

3. Kultury wodne. — Jeśli więc roślina odżywia się jedynie tylko przy pomocy roztworów, wytwarzanych w glebie przez wodę, to wnioskować należy, iż mogłaby też wzrastać i w czystych roztworach bez udziału gleby. — Tak jest w istocie. Znane są bowiem liczne rośliny wodne (np. rzęsa), rosnące na powierzchni wód, zgoła nie związane korzeniami z dnem. Również można hodować rośliny w roztworach sztucznie przygotowanych. Roztwór taki zawierać musi wszystkie te składniki, które znajdowałyby się w roztworze, wytwarzanym przez wodę z gleby. Te roztwory sztuczne nie powinny przytem być bardziej stężone, niż naturalne „soki gleby“. — Istotnie okazuje się, że w tak sztucznie przygotowanych roztworach rośliny

nietylko żyć mogą, lecz nawet rozwijają się w nich doskonale. Rysunek Fig. 144 przedstawia właśnie dwa okazy gryki, hodowanej wyłącznie na sztucznie przygotowanych roztworach odżywczych.



Fig. 144. Kultura wodna gryki w odżywczych roztworze: 1) zawierającym sole potasu K; — 2) na pożywece bez potasu.

Okaz I (bujny) wyrósł na roztworze, zawierającym wszystkie wyżej wymienione (p. str. 176) składniki. — Okaz II (nikły) hodowany w tym samym czasie w roztworze, zawierającym te same składniki, za wyjątkiem soli potasu K. — Stąd wnosimy, że brak choćby jednego z odżywczych składników w roztworze odżywczym, a więc i w glebie — wstrzymuje rozwój rośliny.

4. Zestawienia i wnioski. — Całość wyników, do jakich doprowadza rozważenie treści dwu poprzedzających ustępów, daje się w krótkości przedstawić następująco:

1) *Roślina czerpie materiał na budowę swych tkanek: z powietrza i z gleby.*

2) *Z powietrza roślina asymiluje wyłącznie: węgiel C, a częściowo i tlen O.*

3) *Przyswajanie węgla z bezwodnika węglowego powietrza — odbywa się pod wpływem światła i przy współudziale chlorofilu.*

4) *Z gleby roślina przyswaja: wodę oraz pierwiastki: azot N, fosfor P, potas K, wapń Ca, magnez Mg, żelazo Fe, a także siarkę S.*

5) *Pobieranie pożywienia z gleby odbywa się korzeniami i tylko przy pomocy wody, z którą materiały odżywcze gleby tworzą roztwory.*

6) *Brak któregośkolwiek z powyższych składników w glebie wstrzymuje normalny rozwój rośliny.*

7) *Ponieważ wszystkie główne składniki odżywcze roślin czerpane są z gleby, a węgiel pochodzi z bezwodnika węglowego powietrza, przeto rośliny — w przeciwieństwie do zwierząt — żywią się wyłącznie pokarmem pochodzenia nieorganicznego.*

8) *Rośliny przetwarzają pobrany przez nie pokarm nieorganiczny — w związki organiczne, jakimi są np. węglowodany, tłuszcze, białka roślinne (p. str. 143, 159, 164).*

6. Zasoby pokarmowe gleby.

Wymienione powyżej, a niezbędne dla rośliny pierwiastki nie znajdują się w glebie oczywista w postaci wolnej, lecz w różnych połączeniach chemicznych, przeważnie mineralnych.

1. Zasoby gleby wogóle. — Ilości związków mineralnych, zawierających: sód *Na*, magnez *Mg*, żelazo *Fe*, siarkę *S* — są zawsze w glebie tak wielkie, iż można uważać je za niewyczerpane. Ilości związków wapnia *Ca* są też zwykle wystarczające w większości gleb. — Inaczej ma się sprawa ze związkami, zawierającymi: azot *N*, fosfor *P* i potas *K*. — Są gleby z natury swej obfitsze i uboższe w te trzy pierwiastki, np. urodzajne gleby czarnoziem w przeciwieństwie do jałowych gleb piaszczystych. — Ale nawet w najbardziej urodzajnej glebie zapasy tych trzech pierwiastków mogą się wyczerpać. Staje się to na skutek długoletniej uprawy na tej samej roli roślin, których plody są usuwane z pól w postaci zbiorów, np. żyta, pszenicy, owsa, kartofli, buraków i t. d., a także i paszy np. koniczyny, siana, słomy i t. d. — Wtedy gleba uprawna coraz to bardziej ubożeje w związki, zawierające: azot, fosfor i potas. Stać się może nawet, że zostaje z nich wyjąłowiona. — Natomiast na glebach, na których niema zbioru płodów, a więc np. na polach nieuprawnych, lub stojących odłogiem, cały materiał dziko wyrosłych a następnie obumarłych roślin pozostaje na miejscu. — Droga taką przez długie okresy lat wytworzył się właśnie czarnoziem, t. j. gleba o przeważającej zawartości próchnicy. Roślinność nieuprawnych stepów rokrocznie tam wzrastała i obumierała, a jej materiał przez rozkład (gnicie, próchnienie) całkowicie wracał do gleby, wzbogacając ją nadto w związki węgla, czerpanego z bezwodnika węglowego powietrza.

2. Azot w glebie i jego krążenie w przyrodzie. — Zasoby gleby w związki azotowe najprędzej ulegają wyczerpaniu. Dzieje się to dlatego, że połączeń azotowych w glebie jest stosunkowo najmniej. — Największą zawartość azotu wykazują gleby próchnicowe, a więc przede wszystkim czarnoziem. — Nasze gleby naogół zawierają ilości związków azotowych niedostateczne. Najmniej mają piaski ($0\cdot02$ — $0\cdot14\%$ *N*), więcej gliny, rędziny i lessy ($0\cdot05$ — $0\cdot4\%$ *N*), najwięcej czarnoziem (do $0\cdot5\%$ *N*). Dobra gleba winna zawierać ok. $0\cdot2\%$ azotu *N*, w postaci związków azotowych. — Zachodzą

jednak w przyrodzie naturalne przemiany, które wyjąłowieniu gleby z azotu częściowo przeciwdziałają.

1. *Nitryfikacja*. — Każdy materiał organiczny, zarówno zwierzęcy jak i roślinny, podlegać może w pewnych warunkach próchnieniu i gniciu. — Objawy te obserwujemy np. na materiale drzewnym, w gniciu odpadków zwierzęcych i roślinnych. Stwierdzono, że procesy gnilne zachodzą przy braku dostępu powietrza i są spowodowane przez reakcje związane obecnością bakterji gnilnych. — W procesach gnilnych rozkład ciał białkowych, zawartych w pierwotnym materiale organicznym, prowadzi zwykle do tego, że azot N w białku związany, przechodzi w prostsze połączenia, a mianowicie drogą utlenienia daje azotany, czyli sole kwasu azotowego. — Azotany są rozpuszczalne w wodzie. Gdy więc te azotany znajdują się w glebie, azot w nich zawarty na nowo przez rosnące rośliny może być zużyty. — Ten proces przemiany azotu, związanego w organicznych połączeniach (białkach), w azot, zawarty w azotanach, zwie się nitryfikacją, a bakterje wywołujące go — bakterjami nitryfikacyjnymi.

2. *Denitryfikacja*. — Oprócz reakcji nitryfikacji przy procesach gnilnych zachodzić mogą również i inne reakcje zwane denitryfikacją. Pod nazwą tą rozumiemy takie przemiany, przy których z azotowych połączeń ciał organicznych powstają nie azotany, lecz wodorowe połączenia azotu, w szczególności amonjak NH_3 (str. 130), lub nawet wolny azot N . Denitryfikację wywołują inne rodzaje bakterji, zwane denitryfikacyjnymi. — Tworzenie się amonjaku często obserwować można (po zapachu) w oborach, stajniach, wogóle tam, gdzie gnią różne odpadki organiczne. — Amonjak i azot wolny, jako gazy, uchodzą w powietrze. Zostają więc dla gleby stracone niepowrotnie. W interesie gospodarczym należy procesowi denitryfikacji zapobiegać przez stosowne przyorywanie nawozu.

3. *Asymilacja azotu z powietrza*. — Ta strata w zasobie gleby w azot, którą powodują procesy denitryfikacyjne, jest jednak w przyrodzie pokrywana częściowo przez inną jeszcze przemianę. — Istnieje mianowicie pewien innego znów rodzaju gatunek bakterji, zwanych bakterjami korzonkowymi, które są w stanie przeprowadzać wolny azot powietrza w tlenki azotu, czyli powodować wiązanie się wolnego azotu. W rezultacie w glebie wytwarzają się stąd azotany, a więc związki azotu wprost przyswajalne przez wszystkie

rośliny. — Te bakterje korzonkowe nie rozmnażają się jednak wszędzie w każdej glebie, lecz wyjątkowo tylko na włoskowatych korzonkach pewnych roślin. Roślinami temi są wyłącznie prawie rośliny motylkowe. Do nich należą np. łubin, groch, seradela, wyka, koniczyna i t. d. Bakterje korzonkowe, rozwijając się na ich korzonkach, tworzą kolonie w postaci drobnych gruzełków (Fig. 145), widocznych nawet gołym okiem.



Fig. 145. Korzeń bobu pokryty licznymi gruzełkami, wytworzonymi przez bakterje wiążące azot z powietrza.

3. Fosfor w glebie. — Wszystkie rodzaje gleb uprawnych zawierają w sobie pewne ilości fosforu, przeważnie w postaci *fosforanów*, t. j. soli kw. fosforowego, oraz różnych organicznych związków fosforu.

Zawartość fosforu w glebie jest jednak bardzo niejednolita i wynosi, licząc na bezwodnik kwasu fosforowego, t. j. na związek P_2O_5 , ok. (0·05 — 0·2%). — Nasze gleby są przeważnie w związki fosforu ubogie. — Urodzajna gleba powinna zawierać średnio: (0·1 — 0·15%) P_2O_5 .

Sama zawartość fosforu w glebie nie stanowi jeszcze o tem, czy jest on w niej w postaci „przyswajalnej“, t. j. czy związki fosforu w glebie mogą przechodzić w stan roztworu. Przeważna część tych fosforowych związków, w szczególności zwykłe fosforany wapnia nie są wprost rozpuszczalne w wodzie. Okazuje się jednak, że te nierozpuszczalne fosforany rozpuszczają się w wodzie zakwaszonej, a także w wodzie, zawierającej bezwodnik węglowy CO_2 . — Otóż rośliny pomagają sobie w takich razach tem, że ze swych korzonków wydzielają pewne kwasy organiczne a także bezwodnik węglowy. — Działanie to wspomagają również i różne bakterje, żyjące w glebie, które wydzielają bezwodnik węglowy. — Mimo to jednak nie wszystkie związki fosforowe, znajdujące się w glebie, mogą być podobnie jak fosforany przeprowadzone w stan rozpuszczenia. Są i takie, które wogóle nie są przyswajalne.

4. Potas w glebie. — Opisane powyżej doświadczenie (Fig. 144) z hodowlą roślin w roztworze wodnym, zawierającym wszystkie potrzebne roślinie składniki, z wyjątkiem potasu *K*, wykazały niezbicie, że obecność potasu w materiale pokarmowym rośliny jest nieodzowna. — Zawartości potasu, liczone na tlenek potasu K_2O , w suchym materiale uprawnych roślin podaje następująca tablica:

100 kg wysuszonego materiału zawiera	K_2O w ziarnie	K_2O w słomie
Pszenica	0·61 kg	0·73 kg
Żyto	0·66 „	0·92 „
Ziemniaki	2·28 „	
Buraki	2·13 „	

Zawartość potasu w glebie bywa rozmaita. Lecz i tu również nie całkowita zawartość potasu w glebie jest dla wzrostu rośliny miarodajna. Ze związków potasowych gleby tylko część pewna jest przyswajalna, podobnie jak to ma miejsce i dla fosforu. Temi przyswajalnemi związkami potasu w glebie są przede wszystkim różne wodne krzemiany potasu, powstałe ze zwitterzenia łyszczyków i skałeni (p. str. 103), t.j. tych minerałów, z których powstały gliny (p. str. 116). — Zawartość potasu w glebie, liczona na tlenek potasu K_2O , wynosi średnio:

Lekkie gleby (piaszczysto-gliniaste) . . . 0·11% K_2O
 Ciężkie gleby 0·14% „

Pytania: — 1) Z czego i jakimi środkami czerpie roślina węgiel na swą budowę? — 2) Jaki pokarm dostarcza roślinie gleba? — 3) Zapomocą jakich narządów czerpie roślina soki z gleby? — 4) Jakie przemiany przejść musi organiczna materia, zawierająca azot w niej związany, by azot ten mógł być zpowrotem w glebie przez roślinę przyswojony? — 5) Czy liście mogą asymilować azot z powietrza? — 6) W jakich wyjątkowych razach i jakimi narządami pewne rośliny asymilują azot wolny (z powietrza)? — 7) Czy fosfor i potas w glebie jest niezbędny dla wzrostu roślin? — 8) W skład jakich związków organicznych wchodzi fosfor przyswojony rośliną z gleby? — 9) Co powoduje brak któregośkolwiek ze składników odżywczych w glebie, np. potasu? — 10) Czy możliwy jest wzrost rośliny bez udziału gleby? — 11) Ile wody odparowuje roślina, gdy podczas jej wegetacji wyprodukuje się 1 kg suchej masy (słomy, łądygi, ziarna)? — 12) Jaka ilość letnich opadów atmosferycznych jest średnio potrzebna dla rozwoju roślin uprawnych?

7. Nawozy.

1. Potrzeba nawożenia gleby. — Gleba uprawiana pod płody rolne, a więc pod zboża, ziemniaki, buraki i t.d., oraz pod paszę, np. trawy, koniczyny, — wydaje rok rocznie plon. Plon ten w postaci ziarna, słomy, siana, bulw i t.d. zostaje z pola zebrany. — Płody

rolne zostają spożyte przez człowieka i zwierzęta bądźto na miejscu produkcji, bądź wywiezione gdzie indziej. Gleba traci więc rok rocznie znaczną ilość najważniejszych jej składników odżywczych. Następująca tabelka poucza nas o tem ilościowo:

Przeciętny zbiór z 1 ha wyczerpuje średnio z gleby:

Na wytworzenie zużywa	Ziarna q	Plewy q	Słomy q	N kg	P ₂ O ₅ kg	K ₂ O kg
Pszenvica	30	4.5	40	85	34	44
Żyto	21	3	50	63	32	57
Groch	26	—	31	—	33	57
Ziemniaki	250	—	30	96	44	155

Z tych ilości zużytego przez rośliny materiału odżywczego (azotu, fosforu, potasu) tylko nieznaczna część dostaje się zpowrotem do gleby, a mianowicie część zawarta w korzeniach i ścierni. Reszta może zgoła nie wrócić, jeśli produkty spożycia (wydzieliny zwierzęce ze słomą), t. j. nawóz naturalny, czyli t. zw. obornik nie zostanie na pole wywieziony. Ale i w tym razie to, co zwrócone zostanie glebie, nie jest zwrotem zupełnym. Niedobór staje się tem większy, im więcej płodów odchodzi na spożycie poza obręb danego gospodarstwa. — Stąd wynika konieczność uzupełnienia tego niedoboru przez dodanie glebie uprawnej tych składników, których w niej jest najmniejszy zapas, a więc: azotu, fosforu, potasu.

2. Rodzaje nawozów. — Są dwa rodzaje nawozów: naturalne i sztuczne.

1. Nawozy naturalne. — **Obornik** jest najpospolitszą formą tego rodzaju nawozów. Stanowią go przegnite wydzieliny zwierzęce, wymieszane ze słomą, lub innymi odpadkami roślinnymi, np. liśćmi. — Nawóz ten jest „pełny“, t. j. zawiera w sobie wszystkie wyżej wymienione a konieczne składniki odżywcze.

Nawóz zielony. — Użyźnianie ziemi „nawozem zielonym“ polega na tem, że na danem polu zasiewa się pewne rośliny, które po wzroście nie zostają zebrane, lecz wprost „na zielono“ przyorane. Chodzi tu przedewszystkiem o te rośliny, które mają zdolność wiązania azotu wprost z powietrza, a więc rośliny z rodziny motylkowych (p. w. str. 180). Na pierwszym miejscu stoi tu łubin. Ale i inne motylkowe, np. seradela, lucerna, mogą być użyte jako

nawóz zielony. — Rośliny te, jeśli nie są zbierane, lecz przed dojrzaniem zupełnie przeorane, oddają glebie wszystko to, co z gleby zaczerpnęły, a nadto wzbogacają glebę w związki azotu i w próchnicę.

2. *Nawozy sztuczne.* — Należą tu nawozy mineralne, dostarczające przyswajalnych przez rośliny związków: azotu, fosforu, potasu.

Saletry, czyli azotany. — Są to nawozy azotowe. — Tu należą: saletra sodowa NaNO_3 , czyli chilijska, saletra wapniowa oraz saletra amonowa $\text{NH}_4.\text{NO}_3$. — Saletry wapniowa i amonowa wyrabiają się fabrycznie, saletra chilijska jest płodem kopalnym. — Wszystkie saletry, jako rozpuszczalne w wodzie, są nawozem bezpośrednio przyswajalnym i działają szybko.

Azotniak wapnia. — Jest to również nawóz azotowy. Wyrabia się sztucznie z węgliku wapnia, czyli karbidu (p. str. 142) i azotu powietrza. — Azotniak jest nawozem azotowym, nadającym się w szczególności dla gleb ubogich w wapno, jakimi są role piaszczyste lub gliniaste. Azotniak nie jest bezpośrednio przyswajalny, musi wpiąć w glebie ulec pewnym przemianom. Należy nawozić nim rolę na parę tygodni przed zasiewami.

W Polsce na Śląsku mamy wielką fabrykę tego produktu w Chorzowie. Wytwórczość azotniaku w fabryce chorzowskiej wynosiła: w 1922 r. — 67 000 t, a w 1926 r. — 118 000 t. — Ponieważ produkcja Chorzowa jest już niewystarczająca, buduje się obecnie drugą jeszcze większą fabrykę połączeń azotowych: „Nowy Chorzów“ pod Tarnowem.

Fosforyty i superfosfat. — Są to nawozy fosforowe. — Superfosfat wyrabia się albo z kości, albo z minerałów fosforowych, jakimi są fosforyty. I kości i fosforyty są nierozpuszczalnymi fosforanami wapnia. Stąd jako takie nie mogą być przez rośliny wprost przyswajane. Przez powolne działanie bezwodnika węglowego, obecnego w wodzie gleby (p. str. 122), oraz przez działanie kwasów wydzielanych z korzonków rośliny — te nierozpuszczalne fosforany przechodzą powoli w odmiany rozpuszczalne. Można nadto uczynić je rozpuszczalnymi sztucznie, a mianowicie przez przeróbkę z kwasem siarkowym. Tą drogą właśnie z kości i fosforytów wyrabia się superfosfat. — Superfosfat działa przeto szybciej, fosforyty zaś — powoli. Stąd fosforyty rozsiewać należy jesienią lub wczesną wiosną przed zasiewami, a superfosfat na wiosnę wraz lub zaraz po zasiewie.

Złoża fosforytów znajdują się w większej ilości w Polsce: w Niezviskach nad Dniestrem, w okolicach Sandomierza nad Wisłą i w okolicach Grodna nad Niemnem, oraz na Wołyniu. — Roczna produkcja superfosfatu wynosiła w Polsce: w 1922 r. — 78 000 *t*, a w 1926 r. — 169 000 *t*.

Tomasyna. — Jest to również związek używany jako sztuczny nawóz fosforowy. — Tomasynę otrzymuje się jako uboczny produkt przy przeróbce surowca żelaza na stal (p. str. 99). — Rudy żelaza zawierają prawie zawsze znaczniejsze ilości fosforu. Ten to właśnie fosfor oddziela się od surowego żelaza przez dodanie doń wapna podczas wytapiania stali. — Tomasyna, tak samo jak fosforyty, tylko pośrednio, a więc powoli jest przez rośliny przyswajana. — Produkcja tomasyny w hutach Polski wynosiła: w 1922 r. — 40 000 *t* a w 1926 r. — 72 000 *t*.

Kainit i sylwinit. — Są to sole kopalne, zawierające potas. — Ponieważ potasowe sole są rozpuszczalne w wodzie, przeto zarówno kainit jak i sylwinit stanowią nawóz działający bezpośrednio i szybko. — Można go nawet rozsiewać już po zejściu roślin, np. przy uprawie buraków lub ziemniaków można go zadawać pomiędzy grządy. Działa niezmiernie dodatnio na wynik zbiorów. — W Polsce mamy bogate złoża różnych minerałów potasowych, a więc i kainitu: w Kałuszu i Stebniku w Małopolsce. — Roczna produkcja tych kopalni wynosiła: w 1922 r. — ok. 46 000 *t* a w 1926 r. 208 000 *t*. Produkcja ta obecnie jest jednak już niewystarczająca.

Zrozumienie pożyteczności nawozów sztucznych staje się u nas coraz to większe. Mimo to jednak rolnicza Polska nie zużywa ich jeszcze obecnie tyle, ile wymaga wyteżona należycie uprawa roli. Stąd zbiory nasze naogół (z wyjątkiem Poznańskiego) są mniej wydátne, niż w krajach, gdzie użycie nawozów sztucznych uważane jest za nieodzowną konieczność, a gdzie niema nawet tych naturalnych bogactw mineralnych, które w Polsce znajdują się obficie. — Postęp jednak jest już znaczny. Produkcja i zużycie nawozów sztucznych z roku na rok wzrasta u nas szybko, a niewątpliwie rychło wzrośnie jeszcze bardziej. — Użycie nawozów sztucznych, jako konieczne uzupełnienie nawożenia naturalnego — stanowi drogę najwłaściwszą do podniesienia wydátności plonów i wzmożenia stąd korzyści gospodarczej całego Państwa.



SKOROWIDZ.

Liczby podane tłustym drukiem wskazują strony, gdzie znajduje się miejsce głównego opisu.

- Acetylen 142.
Akroleina 160.
Albumin 163, **164**.
Alkohol, p. spirytus 61, 145, **152**.
„ denaturowany 153.
Alkoholowe napoje 151 i n.
Ammonity 119.
Amonjak 63, **130** i n. 180.
Andezyty 118.
Annularje 119.
Antracyt 127.
Araukarje 134.
Asymilacja azotu 180 i n.
„ węgla **122** i n. 175.
Atmosfera 12 i n.
Atomy 53.
Azot 35.
„ w glebie 175, 179 i n.
Azotan amonu 184.
„ sodu 77.
„ wapnia 77.
Azotniak 142, 184.
- Bakterje korzonkowe** 180.
Barometr 25.
Bawełna strzelnicza 159.
Bazalty 118.
Benzol 130, **142**.
Benzyna 28, 138, **139**.
Beton 114.
Bezwodnik krzemowy 101.
„ siarkawy 48, **86**, 91.
- Bezwodnik siarkowy **86** i n.
„ węglowy **38**, 39, 48, 106,
122 i n. 124.
Białka 163 i n.
Biel cynkowa 92.
Blenda cynkowa 92.
Błonnik, p. celuloza.
Braha 153.
Brylanty 124.
- Celuloid** 159.
Celuloza 143, **157** i n.
Chalkopiryt 93.
Chleb 156.
Chloran potasu 45.
Chlorek potasu 78.
„ sodu 75 i n.
„ srebra 83.
„ wapnia 72, 77.
Chlorki 76.
Chlorofil 123 i n. 175.
Chloroform 153.
Chlorowodór 75, **82** i n.
Chłodnica 67.
Chmiel 152.
Ciała stałe 27.
Ciałka krwi 165.
Ciagnienie 2.
Ciecze 27.
Ciężar 1 i n. 7.
„ powietrza 20.
„ „ właściwy 21.

Ciężar właściwy ciał 8.
Ciężarki, p. odważniki 6.
Ciężary atomowe 53.
Ciśnienie 2.
„ atmosfery 26.
„ barometryczne 25.
„ powietrza 22 i n.
Cukier gronowy 144, 149 i n.
„ jako pokarm 155.
„ mlekowy 164.
„ słodowy 150.
„ zwykły 144.
Cukry 143, 144 i n.
Cynk 92.
Czad, p. tlenek węgla 96.
Czarnoziem 174.

Dekstryna 148.
Denitryfikacja 180.
Diabazy 118.
Diamant 124 i n.
Diastaza 150, 152.
Drobiny 53.
Drożdże 145 i n. 156.
Drzewnik, p. celuloza 157.
Drzewo 127, 129.
Dwutlenek krzemu 101.
„ siarki 86.
„ węgla 126 i n, p. bezwodnik węglowy.
Dystylacja 67.
„ cząstkowa 138, p. frakcjonowanie.
„ drzewa 128 i n.
„ sucha 127.
„ węgla kamiennego 138 i n.

Ebonit 143.
Epoka lodowcowa 170.
Erozja lodowcowa 169.
Eter 62, 153.
„ naftowy 139.

Fabrykacja alkoholu 152.
„ cementu 114.
„ cukru 146.
„ cynku 92.

Fabrykacja gazu świetlnego 131 i n.
„ koksu 131 i n.
„ porcelany 103, 104.
„ stali 97.
„ szkła 104, 105.
„ trunków 151—154.
„ wapna palonego 107, 112.
„ żelaza 95.
Fermentacja 145.
„ alkoholowa 145 i n.
„ białek (gnilna) 163.
„ białek (peptonowa) 164.
„ chleba 156.
„ mlekowa 164.
„ tłuszczów 161.
Fermenty 145, 150 i n. 161.
Filtrowanie 55.
Fosfor w glebie 181.
Fosfor w związkach org. 122 i n.
Fosforyty 184.
Fuzel 153.

Galalit 166.
Galena, p. siarczek ołowiu 91.
Galman 92.
Gaszenie wapna 112.
Gaz błotny 136 i n.
„ kopalniany 137.
„ naftowy 137.
„ świetlny 128, 129 i n.
„ ziemny 137.
Gazownie 131.
Gazy 28 i n.
Gips 54, 78.
Gleba 167 i n.
„ ilasta 173.
„ margłowa 174.
„ piaszczysta 173.
„ próchnicowa 174.
„ właściwa 168 i n.
Gleby składniki 175 i n.
„ wyczerpanie 183.
„ zasoby 179.
Glejta 92.
Gliceryna 160, 162.
Gлина 103 i n. 114, 116, 173 i n.
Glinka ogniotrwała 104.

Glinokrzemiany 103, 114, 116.
Glukoza 144.
Gluten 147, 164, 165.
Grafit 125 i n.
Granit 101, 114 i n.
Gudron 140.

Hevea 143.
Huta szkła 104 i n.
„ żelazna 96 i n.

Iły 116, 119, 173.

Jedwab sztuczny 159.
Jełczenie tłuszczów 160, 161.

Kainit 184.
Kalamit 135.
Kalcyt 108.
Kalibrowanie wagi 4.
Kamieniołom piaskowca 102.
„ wapienia 111.
Kamień kotłowy 108.
Kaolin 104.
Karamel 144.
Karbid 142.
Karuk 166.
Kauczuk 143.
Klej mączny 147.
„ rybi, p. żelatyna.
„ stolarski 166.
Koagulacja (białek) 163.
Koks 128 i n., 138 i n., 140.
Koksownie 131.
Komórki organiczne 146.
„ roślinne 157, 175 i n.
Konwertor Bessemera 99.
Kopalnie nafty 141.
„ soli 79.
„ węgla 135 i n.
Korale 119.
Korzeń roślinny 176.
Krew 165.
Krochmal, p. skrobia.
Kruszce, p. rudy 90 i n.
Krystalizacja powolna 60.
„ szybka 60.

Krystalizacja ze stopów 84.
„ z roztworów 58 i n.
Kryształ górski 101.
Krzemionka 100 i n. 172 i n.
Kultury wodne 177.
Kwarzec 100 i n. 115 i n.
p. krzemionka 100 i n.
Kwas chlorowodorowy 76.
p. kwas solny 75 i n.
„ fosforowy 51.
„ karbolowy 130.
„ margarynowy 161.
„ masłowy 161.
„ mlekowy 164.
„ olejowy 161.
„ palmitynowy 161.
„ siarkawy 51, 86.
„ siarkowy 72, 86.
„ solny 75 i n. 82.
„ stearynowy 161.
„ węglowy 51, 63, 107, 126.
Kwasy (wogóle) 50 i n. 75 i n.
„ tłuszczowe 160, 161 i n.

Lakmus 49, 76.
Lawa 117.
Legumin 164, 165.
Less 173.
Lignit 127, 134.
Lód 68.

Łaźnia piaskowa 37.
Łuczywo, zapłonianie 46.
Łyszczyk, p. mika 103 i n. 115.

Magnez 33.
Maltoza 150.
Marmur 108 i n.
Masa 7.
Materia 1 i n. 11.
Mączka, p. skrobia 147 i n.
Mąka 156.
Melasa 147.
Menzurka 9.
Metale 51.
„ a powietrze 31 i n.
„ szlachetne 33.

Metaloidy 51.
Metan 136.
Metoda Bessemiera 99.
Mgła 30.
Miary ciężaru 3.
Miedź 32, **93**.
Mieszanina wybuchająca 73, 130.
Mieszaniny 43.
Mięczaki 119.
Mięso 165.
Mika 103 i n. 115.
Minja 92.
Miód 152.
Mleko 164 i n.
Mocz 164.
Mocznik 164.
Moszcz 151.
Mydła 161 i n.

Naczynia połączone 23, 24.
Nadmanganian potasu 45.
Nafta 138, **139** i n.
Naftalina 130.
Napoje alkoholowe 151 i n.
Nawóz azotowy 184.
„ naturalny 183.
„ sztuczny 183 i n.
„ zielony 183 i n.
Niedogon, p. fuzel.
Nitrogliceryna 162.
Nitryfikacja 179.

Objętość ciał 7.
„ powietrza 13.
„ właściwa 9.
Obornik 183.
Odparowywanie 37, 61.
Odważniki 6.
Okowita 153.
Oleje naftowe 140.
„ smarowe 138.
Olej skalny 140.
Ołów 32, 33, **91**.
Opór powietrza 19.
„ środowiska 10.
Organiczne związki, substancje,
„ ciała, p. związki węglowe.

Oseina 164, **165** i n.
Otwornice 109, 119.

Palenie 34 i n. **36**.
Palnik Bunsena 133 i n.
Papier 158.
„ pergaminowy 159.
Papierki lakmusowe 49 i n.
Parafina 138, 140.
Parowanie 28.
„ wody w roślinach 176.
Pegmatyty 115.
Pepsyna 150, 155, 164.
Pepton 155, **164**.
Piasek **101**, 116, 172 i n.
Piaskowiec 102 i n.
Piec wielki **95** i n. 130.
Pierwiastki 43 i n.
„ mineralne 174.
„ przyswajalne 175.
Pierwiastków spis 44.
Piryt **90**, 94.
Piwo 152.
Płomień Bunsena 132 i n.
„ rodzaje 132 i n.
„ świecący 130, **131**.
Płóczka 72.
Pochylnie 136.
Podglebie 168.
Pokarm 150, 154 i n.
„ białkowy 165.
„ mączny 156.
„ tłuszczowy 162.
„ węglowodanowy 154.
Pokarmowe składniki gleby 178 i n.
Pokarmów przyswajanie 155.
Polewa 103.
Połączenia chemiczne **43** i n.
„ węglowe, p. związki węglowe.
Pompka powietrzna 16.
Porcelana 103.
Porfiry 116, 118.
Potas w glebie 181.
Powietrza ciężar 20.
„ ogrzewanie 17 i n.
„ opór 19.
„ prężność 15 i n.

- Powietrza rozpuszczalność 39, 63.
 „ rozszerzalność 18 i n.
 „ skład 35, 124 i n.
 „ ściśliwość 13 i n.
 „ zużycie 34 i n. 36 i n. 38 i n.
 Powietrze 12 i n.
 „ normalne 21.
 Prażenie 90.
 „ bez dostępu powietrza 127,
 p. sucha dystylacja 127 i n.
 Prężność powietrza 15 i n.
 Proch bezdymny 159.
 „ zwykły 85.
 Protoplazma 157.
 Próba na tlen 45.
 Próchnica 171 i n.
 Przemiany chemiczne,
 p. reakcje chemiczne 40 i n.
 „ fizyczne 41 i n.
 Przyswajanie azotu 179 i n.
 „ innych składników 174 i n.
 „ pokarmów, p. trawienie 155.
 „ węgla 122, p. asymilacja.
 Ptyalina 155.
 Pudlowanie 98.
 Rafinacja siarki 85.
 „ spirytusu 153.
 Ramiona wagi 5.
 Rdza 31 i n.
 „ metali 32.
 „ żelaza 31.
 Rdzewienie 31 i n. 33 i n.
 Reakcje analizy 42 i n.
 „ chemiczne 40 i n.
 „ fizyczne 41.
 „ syntezy 42 i n.
 „ utleniania 49 i n.
 „ wymiany 74 i n. 76.
 „ zubożenia 76.
 Retorta 45.
 Ropa naftowa 138 i n. 140.
 „ solna 80.
 Rośliny motylkowe 183.
 Rozpuszczalnik 55 i n.
 Rozpuszczalność 57 i n.
 „ a temperatura 58.
 Rozpuszczalność bezwodnika węglowego 63.
 „ ciał stałych 57 i n.
 „ cieczy 61 i n.
 „ gazów 62 i n.
 „ powietrza w wodzie 19, 39, 63.
 Rozszerzalność wody 69.
 Równowaga belki 5.
 Roztwory 37, 54 i n.
 „ nasycone 56 i n.
 „ nienasycone 56 i n.
 „ w glebie 176.
 Rudy, p. kruszce 90 i n.
 „ hematytowe, magnetytowe 94.
 „ limonitowe, syderytowe 94.
 „ pirytowe, tlenowe 94.
 Rysa mineralna 94.
 Sacharoza 144.
 Sadza 125.
 Saletra amonowa 184.
 „ chilijska 183.
 „ sodowa 183.
 Sączek 56.
 Sączenie 55.
 Scukrzanie skrobi 149.
 Sekatywa 162.
 Sernik 164 i n.
 Siarka 83 i n. 122 i n.
 „ kwiat 83, 85.
 „ ostrosłupowa 84.
 „ plastyczna 83.
 „ pryzmatyczna 84.
 „ rafinacja 85.
 „ rodzima 85.
 „ zużytkowanie 85.
 Siarczan miedzi 55, 60.
 Siarczek cynku 89.
 „ miedzi 89.
 „ ołowiu 91.
 „ żelaza 80, 90, 93.
 Siarczki 88 i n.
 Siarkowodór 89.
 Skaleń 103, 115 i n.
 Skały głębinowe 118.
 „ magmowe 117, 120.
 „ osadowe 117, 118 i n.

Skały wapienne 109 i n.

„ wylewne 118.

Skamieliny 119 i n.

Skrobia 143, 147 i n.

„ rodzaje 148.

Składniki roślin 175.

Słód 149, 152.

Smola naftowa 138, 140.

„ pogazowa 128 i n. 130 i n.

Solanka 80 i n.

Sole 75 i n.

„ magnezowe 79.

„ otrzymywanie 75 i n.

„ potasowe 184.

Sód 32.

Sól Bertholleta 45.

„ kamienna 61, 78 i n.

„ kuchenna 61, 78 i n.

Spalanie 46 i n.

„ fosforu 46.

„ magnezu 47.

„ siarki 46.

„ sodu 47.

„ węgla 46.

„ żelaza 47.

Spirytus, p. alkohol 145, 151 i n.

Sprężystość powietrza 15.

Stal 97, 99.

„ produkcja 100.

„ wyrób 99.

Stalaktyty 110.

Stany skupienia 28 i n.

Stearyna 161 i n.

Stężenie 57.

„ graniczne, p. rozpuszczalność.

Superfosfat 184.

Surowica krwi 165.

Surowiec żelaza 97 i n.

Suszenie gazów 72.

Symbole chemiczne 44, 51.

„ jakościowe 51.

Szlamowanie 172.

Szkło 105, 115.

Szpat islandzki 109.

Sztolnie 136.

Szyb kopalniany 136.

„ naftowy 141.

Szyb wiertniczy 141.

Ścisłość ciał 14 i n.

Śmietana 164.

Światło żarowe 134.

Tablica ciężarów właściwych 8.

„ materiałów węglowych 127 i n.

„ pierwiastków 44.

„ produktów suchej dystalacji

materiałów węglowych 129.

„ wyczerpywania gleby 183.

„ zawartości potasu w zbożu
i w ziemiopłodach 182.

Tarowanie 6.

Terpentyna 61, 142.

Tężnie 80 i n.

Tkanki roślinne 157.

Tlen 35 i n. 122 i n.

„ fizyczne własności 46.

„ wywiązywanie 40, 45.

Tlenek cynku 92.

„ fosforu 48.

„ magnezu 48, 50.

„ metalu 40.

„ ołowiu 32, 91 i n.

„ rtęci 40.

„ sodu 48, 50.

„ wapnia 112, p. wapno palone.

„ węgla 126, 129.

„ żelaza 48, 51 i n. 94.

Tlenki 47 i n.

„ metali 48.

„ metaloidów 48.

Tłuszcze 159 i n. 161 i n.

Tomasyna 184.

Topnik 95.

Torf 127, 134, 174.

Trawienie 155.

Trójtlenek siarki 86.

Tryskawka 24.

Utlenianie 49.

Waga dzwigniowa 4.

„ sprężynowa 4.

Wanna pneumatyczna 34, 36, 40, 45.

- Wapień 106 i n. 172 i n.
Wapienie 106, 119.
Wapiennik 112.
Wapno gaszone 36 i n. 113.
 „ hydrauliczne 114.
 „ palone 107, 112.
Ważenie 6.
Węgiel 121 i n.
Węgiel brunatny 127, 134.
 „ drzewny 55, 125 i n. 128.
 „ kamienny 127 i n. 134, i n.
Węglan wapnia 77, 106 i n.
 „ żelaza 93.
Węglany 126 i n.
Węgłe kopalne 127 i n.
 „ sztuczne 125 i n.
Węglowodany 144 i n.
Węglowodory 122, 136 i n. 141 i n.
Wietrzenie granitu 116.
 „ skał 65, 116, 168 i n.
Wino 151.
 „ owocowe 151.
Włókna roślinne 158.
Włóknik krwi 164 i n.
Włośniki 176.
Woda 55 i n.
 „ atmosferyczna 64.
 „ gleby 171 i n.
 „ ciał organicznych 121 i n.
 „ dystylowana 67 i n.
 „ miękka i twarda 68.
 „ morska 66.
 „ pogazowa 128 i n. 130 i n.
 „ rozpuszczalnik 66 i n.
 „ roślin 66, 176 i n.
 „ wapienna 36.
Wodorotlenek magnezu 51.
 „ sodu 51, 71.
 „ wapnia 112.
 „ żelaza 93.
- Wodorotlenki 49 i n.
Wody alkaliczne 65
 „ gorzkie 65.
 „ ładowe 66.
Wody mineralne 64 i n.
 „ musujące 63.
 „ rozszerzalność 69.
 „ siarczane 65, 89.
 „ źródlane 65.
Wodór 70 i n.
 „ własności 72 i n.
 „ zużytkowanie 74 i n.
Wrzenie 29.
 „ wody 68.
Wyłoki buraczane 147.
Wzory chemiczne 51 i n.
 „ drobinowe 52.
- Zaprawa hydrauliczna 114.
 „ murarska 113.
Zasady 50 i n.
Zieleń roślinna 123.
Zlepienieć 102.
Zmydlanie 161.
Złoto 33.
Złoża żelaziste 93 i n.
Zwęglanie ciał 121 i n.
Związki chemiczne 43.
 „ węglowe 121 i n.
 „ p. organiczne
Zymaza 150.
- Żelatyna 166.
Żelazo 31 i n. 94 i n.
 „ beton 114.
 „ kowalne 97.
 „ surowe 94 i n.
Żużel 95 i n.
Żyły kruszcowe 90.
 „ skalne 90, 93.

