

253/II

9859

Prof. Dr. TADEUSZ WIŚNIEWSKI

4721
IV

ZASADY MINERALOGII I GEOLOGII

DLA

KLAS WYŻSZYCH SZKÓŁ ŚREDNICH

(Z RYCINAMI I MAPKĄ GEOLOGICZNĄ)

WYDANIE CZWARTE

CENA EGZEMPLARZA OPRAWNEGO 6 K + 1.70 h + 20 L

A. KRZYŻANOWSKI
KRAKÓW
KRAKÓW

NAKŁADEM K. S. JAKUBOWSKIEGO
WE LWOWIE * * * * * 1918



9859

23/1

Wszystkie prawa zastrzeżone

UP - Kraków BG



1050302306

SPIS TREŚCI.

Część I.

	Strona
Krótki pogląd na dzieje ziemi, powstanie skorupy ziemskiej i jej składniki	1—5
O pewnych własnościach soli kamiennej	5—8
O geometrycznych własnościach kryształów siarki	8—12
Układy krystalograficzne	12—15
Postaci złożone i ich określanie	15—16
O kryształach sfalerytu i postaciach półściennych	16—17
O kryształach niedokładnie wykształconych	17—18

Część II.

Co nazywamy fizyografią minerałów, a co geologią fizyograficzną i dynamiczną?	19
O wulkanach i zjawiskach wulkanicznych	19—24
Kwarzec	25
Krzemiany pierwotne, będące głównymi składnikami skał wybuchowych	25—29
O skałach wybuchowych	29—35
Krzemiany, znajdujące się w skałach wybuchowych jako składniki dodatkowe	35—36
O wodzie, o chemicznem działaniu wody na skorupę ziemi i powstawaniu źródeł	36—42
Krzemiany pochodne	42—44
O rozpadaniu się i wietrzeniu skał, tudzież o glebie rodzajnej i jej powstawaniu	44—48
Fosforany i azotany	48—49
Kalcyt i wapień	50—51
O tworzeniu się skał wapiennych i o rozmaitych wapieniach	51—56
Węgły równopostaciowe z kalcylem i inne	56—57
Siarczany	57—58
O składzie wody morskiej i tworzeniu się pokładów soli kamiennej	58—60
Solowce (chlorki i fluorki)	60—62
O działaniu mechanicznem wody, o lodowcach i działaniu wiatrów, jako czynnikach geologicznych	62—72
O najważniejszych skałach okruszowych	72—73
Skały osadowe wogóle	74—75
Przegląd skał osadowych	76
Tlenki (prócz kwarcu)	76—79
O znajdowaniu się metali i kruszców, o t. zw. żyłach kruszczowych i wogóle mineralnych, tudzież o kruszczowych pokładach	79—82
Lśnienie (lampryły)	82—85
O ruchach, którym ulega skorupa ziemska, o jej fałdowaniu się, powstawaniu gór i t. p.	85—93
Węglowce	93—95
O t. zw. skamieniałościach i ich znaczeniu	95—96
Pierwiastki	96—98
O metamorfizmie i łupkach krystalicznych	98—100
Krótkie powtórzenie najważniejszych wiadomości o złożeniu i budowie skorupy ziemskiej i o kształtujących ją siłach	100—101
Przegląd systematyczny minerałów opisanych lub wymienionych w książce	102
Przegląd systematyczny skał	103

Część III.

Co nazywamy geologią historyczną i stratygrafią.	104
Podział warstw skorupy ziemi według chronologii geologicznej.	104—106
Związyły szkie stratygrafii skorupy ziemskiej w związku z dziejami geologicznymi ziemi.	107—123
Rzut oka na rozwój świata roślinnego i zwierzęcego	123—125
Co to jest mapa geologiczna	125—127
Pogląd na budowę geologiczną ziem polskich i litewskich	127—138
Dodatek.	139

Ryc. 1. z książki: Ernst, Kosmografia; Ryc. 8. — Ficker, Mineralogie u. Geologie; Ryc. 29. — Seignette, Cours élémentaire de géologie; Ryc. 30. — Neumayr-Uhlig, Erdgeschichte; Ryc. 31. — Hochstetter, Die feste Erdrinde; Ryc. 33. — Rinne, Praktische Geosteinskunde; Ryc. 45., 97. — Robin, La terre; Ryc. 54. — Tschermak-Morozewicz, Mineralogia; Ryc. 34., 73., 103., 122., 124. — Walther-Wiśniowski, Wstęp do geologii; Ryc. 57—59., 102., 123., 151., 153., 163. — Friedberg, Zarys geologii; Ryc. 69. b. c — 85., 120. — Dana-Siemiradzki, Podręcznik geologii; Ryc. 71., 91. — Geikie-Jurkiewicz, Geologia; Ryc. 72., 94., 126. — Wossidlo, Mineralogie und Geologie; Ryc. 80. — Nałkowski, Geografia fizyczna; Ryc. 86., 112. — Toula, Lehrbuch der Geologie; Ryc. 89. — Scharizer, Lehrbuch der Mineralogie und Geologie; Ryc. 93. — według Dunikowskiego. Od Atlantyku przez Góry Skaliste; Ryc. 97., — Löwl-Weyberg, Zarys nauki o skałach; Ryc. 69., 105. Cotta, Geologische Bilder; Ryc. 113., 115., 155. — Kaiser, Lehrbuch der Geologie; Ryc. 117., 131., 154. — Gümbel, Grundzüge der Geologie; Ryc. 140. według obrazu Kuhnerta.

Niektóre zadania wzięte z dziełka: Walther, spolszczył Wiśniowski — Wstęp do geologii.

CZEŚĆ I.

Wiadomości wstępne z geologii i mineralogii.

Krótki pogląd na dzieje ziemi, powstanie skorupy ziemskiej i jej składniki.

1. Według teorii kosmogonicznej Kanta i Laplace'a¹⁾ cały układ słoneczny przedstawiał pierwotnie olbrzymią mgławicę, podobną do dostrzeganych dzisiaj na niebie, a złożoną z materii w stanie gazowym o wysokiej temperaturze. Słońce dzisiejsze odpowiada jądro owej mgławicy kosmicznej, a części oderwane od niej pod działaniem siły odśrodkowej, skutkiem jej ruchu obrotowego (początkowo kształtu wirujących pierścieni), wytworzyły wszystkie planety (najdalszego Neptuna, potem Urana, Saturna, Jowisza, Marsa, Ziemię, Wenerę i na koniec najbliżej słońca Merkurego, tudzież całe mnóstwo ciał niebieskich, zwanych planetoidami, które krążą dokoła słońca między Jowiszem i Marsem), między niemi i tę, na której mieszkamy. Z planet jeszcze w stanie gazowym powstały w sposób analogiczny księżyce.

Wiele faktów przemawia na korzyść tej teorii. I tak wszystkie planety poruszają się dokoła słońca w tym samym kierunku i niemniej zgodnie obracają się także dokoła swych osi; tak samo ich księżyce, z wyjątkiem jedynie księżyców Urana i Neptuna. Również drogi obiegowe wszystkich planet leżą prawie w jednej płaszczyźnie równikowej słońca i w tej samej płaszczyźnie krążą ich satelici, chociaż i tu stanowią wyjątek towarzysze obu planet najdalszych. A przytem mgławice kosmiczne, podobne do pramgławicy, z której miał powstać nasz system słoneczny, można i dzisiaj, jak już wspomniano, obserwować w wielu punktach na firmamencie. Charakterystyczne widmo, jakie dają, jeżeli światło ich przepuścić w stosownym przyrządzie (spektroskop) przez pryzmat, rozszczepiający promienie świetlne (por. odpowiedni rozdział w fizyce), dowodzi, że tworzą je rzeczywiście gazy rozżarzone o bardzo wysokiej temperaturze; niektóre z nich przedstawiają się w postaci pierścieni lub smug spiralnie skręconych, jakby w dowód ruchów obrotowych.

¹⁾ Emanuel Kant (1724—1804), jeden z największych myślicieli świata, całe życie spędził w Królewcu, gdzie w Uniwersytecie był najpierw profesorem astronomii i matematyki, później filozofii. Swoją teorię kosmogoniczną ogłosił w r. 1755. W 40 lat potem znakomity astronom francuski Laplace doszedł zupełnie niezależnie od Kanta do poglądów mniej więcej takich samych.

wych, którym ulegają (ryc. 1.). Meteority, okazując jedność materii w całym układzie słonecznym (por. „Wiadomości z chemii i mineralogii“, wyd. II., str. 106.), mogą być uważane niejako za bezpośredni i oczywisty dowód wspólnego pochodzenia wszystkich ciał niebieskich, które wchodzi w skład naszego systemu planetarnego.

Ryc. 1.



Mgławica spiralna w konstelacji Psów gończych.

Naturalnie ziemia po tym pierwszym okresie w historii swego rozwoju, w którym się przedstawia jeszcze jako ciało gazowe, przeobraziła się w kulę ognisto-ciekłą, a wreszcie powstała na niej skorupa stała pod potężną pokrywą atmosfery. Ta ostatnia była pierwotnie znacznie gęstsza niż dzisiaj, bo zawierała wiele rozmaitych ciał bardziej lotnych, które utraciła w miarę stygnięcia.

Ziemia nie jest jednak dokładnie kulista, bo jej promień równikowy ma 6377.4 km, a biegunowy tylko 6356.1 km. Otoczona jest warstwą atmosfery o grubości, idącej przy nadzwyczajnym rozrzedzeniu w setki kilometrów. Pod atmosferą znajduje się stała skorupa, czyli litosfera, na której morza, zajmujące bez mała $\frac{3}{4}$ jej powierzchni,

z wszystkimi innymi wodami przedstawiają t. zw. hydrosferę. Gdzie litosfera, atmosfera i hydrosfera graniczą z sobą i poniekąd przenikają się wzajemnie, rozwinał się z czasem świat organiczny, rośliny i zwierzęta, czyli biosfera. Wnętrze ziemi, ponieważ posiada jeszcze ciągle bardzo wysoką temperaturę, wyróżnia się zwykle jako t. zw. piro-sferę, która w części środkowej z powodu nagromadzonych tam metali ciężkich (por. „Wiadomości z chemii i mineralogii“, str. 106.) nosi nazwę barysfery albo metalosfery; znajduje się ona prawdopodobnie w stanie gazowym, ale z powodu olbrzymiego ciśnienia przypisują jej gęstość i sztywność bardzo znaczną.

2. *Skorupę ziemi* tworzą, jak wiemy, rozliczne skały i minerały, których wygląd i sposób powstania przedstawia się nader rozmaicie.

Nie widzimy dzisiaj nigdzie litosfery pierwotnej, która powstała wprost przez skrzepnięcie części powierzchniowych ognisto-ciekłej masy, tworzącej zrazu całą kulę ziemską; z biegiem czasu, który niewątpliwie należy liczyć na miliony lat, musiała ona ulegać zasadniczym przemianom. Wiemy tylko, że wogóle skorupa ziemska — tak dziś, jak i w owych odległych epokach dziejów ziemi — fałduje się, pęka i t. p., skutkiem czego powstają w niej głębokie i rozległe szczeliny. W ten sposób tworzyły się na ziemi od najdawniejszych czasów miejsca, któremi dobywały się z wewnątrz, przebijając skrzepłą skorupę, masy ognisto-ciekłe, a ponieważ powtarzało się to ciągle i powtarza się obecnie, czego dowodem wulkany, więc nic dziwnego, że masy wybuchowe tego rodzaju odgrywają ważną rolę w budowie litosfery na naszej planecie.

Zarówno to, z czego się składała skorupa pierwsza, jak i wszystko, co się dobyte później w stanie ognisto-ciekłym z głębi, są to *składniki pierwotne skorupy ziemskiej*.

Z czasem wszakże temperatura obniżyła się na ziemi niżej punktu wrzenia wody, a wówczas para wodna, znajdująca się w atmosferze, skropliła się i opadła, tworząc morza, jeziora, rzeki i strumienie. Rozpoczęło się zatem działanie wody na kulę ziemską i to w dwojaki sposób: na drodze chemicznej i mechanicznej. Woda ciągle rozkłada, przeobraża i częściowo rozpuszcza rozmaite składniki litosfery, a następnie osadza z nich napowrót nowe ciała mineralne — i to jest jej praca chemiczna; prócz tego działa ona jeszcze mechanicznie — jako fale morskie, które kruszą brzegi lądu, lub rzeki i strumienie, unoszące żwir, piasek i muł, a w ten sposób dostarcza materiału na rozmaite zlepienie, piaskowce i t. d. Podobna, chociaż o znaczeniu dużo mniejszem, jest rola powietrza.

Wreszcie z chwilą, kiedy świat zwierzęcy i roślinny zjawił się na ziemi, zaznacza się nowy czynnik twórczy w budowie litosfery. Rozmaite rośliny dawnych okresów w dziejach ziemi wytworzyły pokłady węgla kamiennego; z wapiennych skorupki mikroskopijnie drobnych zwierzątek, t. zw. otwornic, które miliardami żyją w morzach, powstają wapienne skały otwornicowe, podobne do kredy; gdzie indziej tworzą się rafy koralowe.

Skały iminerały, które zawdzięczają powstanie swe chemicznemu albo mechanicznemu oddziaływaniu wody i powietrza, dalej kreda lub węgiel kamienny są to *składniki pochodne w skorupie naszej ziemi*: wytworzyły się one, wprost lub pośrednio, dopiero pod działaniem wody, organizmów i t. p. z tych składników pierwotnych, o których wyżej była mowa, lub z materiałów przez nie dostarczonych.

W ten sposób w ciągu niezmiernie długich okresów czasu, które trzeba obliczać na miliony lat, powstała skorupa ziemi taka, jak ją dzisiaj widzimy, i te rozmaite kamienie, które ją tworzą.

Nauka, która się zajmuje przedewszystkiem poznaniem dziejów ziemi z jej światem roślinnym i zwierzęcym, a w związku z tem budową i złożeniem skorupy ziemskiej, tudzież tymi czynnikami, które na nią działają kształtująco, nazywa się *geologią*¹⁾.

3. Między rozmaitymi składnikami skorupy ziemi, które spotykamy w jej wnętrzu lub na jej powierzchni, marmur i granit należą do dosyć pospolitych; w przyrodzie tworzą one w wielu miejscach całe góry i skały, a człowiekowi, który dobywa je w łomach kamienia, służą do wyrobu licznych przedmiotów przemysłu i sztuki.

Jeżeli porównamy kawałek białego, ziarnistego marmuru, jakiego się używa na rzeźby, przytem wypolerowanego (ryc. 2), z okazem wygładzonego granitu (ryc. 3), spostrzeżemy od razu, że pierwszy z nich składa się, nawet w największym kawałku, zawsze z części

Ryc. 2.



Polerowany marmur, oglądany w powiększeniu.

¹⁾ gr (gr.), ziemia; lógos (gr.), mowa, nauka.

takich samych, podczas gdy drugi okazuje złożenie z ziarn trojakiiego rodzaju, różniących się nie tylko barwą, ale i innemi własnościami. Jedne z nich, koloru różowego lub białawe, nazywamy ortoklazem, inne — przezroczyste — przypominają okruchy szkła i są kwarcem, trzecie w postaci drobnych, ciemnych lub jasnych blaszek i łusek, które łupią się w cienkie listki o silnym połysku, noszą nazwę łyszczyku.

Ryc. 3.



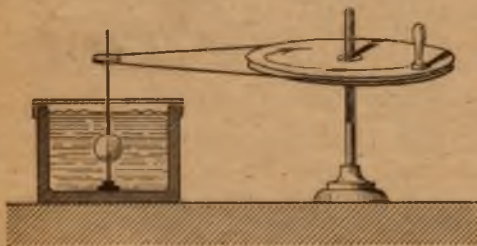
Polerowany granit, oglądany w powiększeniu.

Kamieniami *jednorodnymi*, jak marmur, są rozmaite kruszcze, owe składniki granitu, oddzielnie wzięte i t. p., podczas gdy piaskowce lub lawy wulkanów są, podobnie jak granit, *kamieniami złożonymi*. Mówimy o *skałach* granitowych lub marmuru, nikt jednak nie nazwie skałą jakiegos kruszczu¹⁾, z którego wytapiamy srebro lub ołów. Noszą one nazwę *minerałów*²⁾, jak jeszcze wiele innych kamieni, n. p. owe składniki granitu, które poznaliśmy jako ortoklaz, kwarciec i łyszczyk. Skałami nazywamy bowiem wogóle tylko takie kamienie, które, jak granit, piaskowce lub marmur, znajdują się w przyrodzie w wielkich masach, tworząc nieraz całe góry i łańcuchy górskie, podczas gdy minerałem jest każdy jednorodny składnik skorupy ziemskiej, bez względu na sposób znajdowania się. Przytem granit, tworzący całe góry, a złożony z rozmaitych części mineralnych, może być nazwany tylko skałą, a nie minerałem; jakiś kruszec srebra lub ortoklaz, jako kamień jednorodny, ale nie znajdujący się w wielkich masach, daje się zaliczyć tylko do minerałów; marmur zaś można uważać i jako pewien rodzaj skały, o ile miejscami tworzy całe pokłady i góry, i jako minerał, ponieważ przedstawia się jednorodnie, jak łyszczyk, ortoklaz lub jakiś kruszec.

Naukę, która ma na celu poznanie rozmaitych własności minerałów, zbadanie ich tworzenia się i przeobrażania, nazywamy *mineralogią*³⁾.

Sól kamienna, siarka, sfaleryt, kwarciec należą do minerałów *pospolitych* i znanych nam z poprzedniej nauki chemii i mineralogii. Przypatrzmy się obecnie jeszcze raz niektórym ich własnościom.

Ryc. 4.



Przyrząd do doświadczalnego stwierdzenia teorii Laplace'a i Kanta.

Doświadczenia i pytania.

1. Teorya Laplace'a i Kanta znajduje poniekąd potwierdzenie także w eksperymencie. Aby to pokazać, bierzemy szklane naczynie, wypełnione mieszaniną wody i spirytusu, którą sporządza się tak, aby miała ciężar właściwy dokładnie równy ciężarowi

¹⁾ Nazwę kruszców mają kamienie, z których się otrzymuje metale, zwłaszcza ciężkie. ²⁾ mina (nowo-lac.), kopalnia. ³⁾ mina i logos.

oliwy; potem wpuszcza się do naczynia oliwę w niezbyt wielkiej ilości. Przybiera ona kształt kuli, pływającej swobodnie wśród cieczy. W naczyniu znajduje się sztyft, który dolnym końcem opiera się w panewce na dnie, górnym przechodzi przez otwór w deseczce, umocowanej na wierzchu (ryc. 4.). Na górnym końcu sztyfta jest kółko, stałe nasadzone, z rowkiem na obwodzie; pośrodku części zanurzonej umieszcza się maleńki krążek żelazny. Sztyft daje się wysuwać i wsuwać; przebija się nim przeto pływającą kulkę oliwy tak, aby krążek znalazł się w jej środku, i łączy się sznurkiem kółko na sztyfcie z kołem wirownicy, którą wprawia się w szybki ruch obrotowy. Kulka oliwy natychmiast zaczyna się spłaszczać, poczem przeobraża się w pierścień, który, opuściwszy krążek, swobodnie wiruje w cieczy. Jeżeli doświadczenie robi się ostrożnie, to tylko część oliwy odrywa się jako pierścień, a reszta dalej wirując, pozostaje na krążku. Pierścień, który się oddzielił, rozrywa się potem na części, które zlewają się w jedną lub kilka mniejszych kulek.

Przeprowadzić porównanie między przebiegiem tego doświadczenia i tworzeniem się naszego systemu planetarnego podług teorii Kanta i Laplace'a.

2. O ile w kształcie kuli ziemskiej możemy się dopatrywać potwierdzenia teorii Kanta i Laplace'a?

3. Co przemawia za przypuszczeniem, że we wnętrzu ziemi panuje temperatura bardzo wysoka?

4. Jaka może być przyczyna nagromadzenia się ciężkich, metalicznych pierwiastków przedewszystkiem we wnętrzu ziemi?

O pewnych własnościach soli kamiennej.

4. Sól kamienna, ze względu na swe *własności chemiczne*, jest, jak wiemy, chlorkiem sodu, NaCl . Nie zawiera żadnego ciężkiego metalu i zgodnie z tem posiada *ciężar właściwy* nieznaczny, przeszło 2.

Bezbarwna, bywa jednak — jak wiele innych minerałów — bardzo często przez obce domieszki *zabarwiona* zielonawo-szaro, a niekiedy nawet niebiesko lub czerwono. Jak już wiemy z nauki poprzedniej (chemii i mineralogii w kl. IV.), *minerały barwne*, t. j. posiadające pewien kolor im właściwy, n. p. cynober, mają zazwyczaj i *rysę* taką samą (wyjątkiem minerały o wyglądzie metalicznym, n. p. mosiężno-żółty piryt z rysą czarniawą, lub z taką samą rysą czerwonawą nikielin); rysa soli — czyto czerwonej, czy też niebieskiej lub szarej — jest, jak u wszystkich minerałów zabarwionych, zawsze jednakowo biaława.

Ryc. 5.

5. Jeżeli rozpuścimy sól kamienną w wodzie i poddamy ten roztwór powolnemu odparowaniu w jak największym spokoju, naówczas zwolna sól osadzi się na dnie naczynia w postaci mnóstwa drobnych sześciątów. W takich samych sześciątach, tylko nieraz bez porównania większych, znajdujemy ją także w przyrodzie (por. ryc. 5.). Nie wszystkie jednak minerały zachowują się podobnie. I tak opał nigdy nie ukazuje pewnych właściwych sobie kształtów geometrycznie prawidłowych. O soli mówimy, że się *krystalizuje*, opał nazywamy *ciałem bezpostaciowem*.

Ciało ograniczone płaskimi ścianami, postaci geometrycznie prawidłowej, istotnej czyli jemu właściwej i pierwotnej, t. j. nie będącej dziełem ręki człowieka, nazywamy *kryształem*¹⁾ (ryc. 6.).



Kryształy soli kamiennej.

¹⁾ krýstallós (gr.), lód, kryształ górski.

Gdyby parowanie odbywało się zbyt szybko lub nie towarzyszył temu spokój, koniecznie w takim razie potrzebny, to nie osadziłyby się

Ryc. 6.



Kryształ soli kamiennej.

na dnie naczynia wyraźne sześcianki, tylko powstałby osad skorupiasty o budowie ziarnistej. Nazywamy taką sól ziarnisto-kryształiczną, jak marmur na ryc. 2. W przyrodzie spotykamy sól kamienną tego rodzaju bardzo często, tak bowiem przedstawia się ona tam, gdzie tworzy całe pokłady w głębi ziemi; czasem znajdujemy ją w odmianie pręcikowej lub nawet włókniastej. Owe ziarna, pręciki i włókna nie są niczem innym, jeno także jakby kryształami, które tylko, nalezycie nie mogąc się wykształcić, raz przybrały wygląd ziarn rozmaitej postaci, to znowu wydłużyły się w pręciki lub delikatne włókienka, tworząc t. zw. skupienia kryształiczne.

6. Kryształy, względnie skupienia kryształiczne, powstają w przyrodzie w rozmaitych warunkach: z roztynów, które parują (n. p. kryształy soli), z roztopów podczas krzepnięcia (n. p. w lawach), drogą sublimacyi — z pary pewnych ciał (w kraterach wulkanów kryształy siarki, soli kamiennej) i t. p.; wogóle, kiedy dane ciało zmienia swój stan skupienia z ciekłego lub lotnego na stały. Wówczas cząsteczki (drobiny) jego, przyciągając się wzajemnie, układają się regularnie w pewnych odstępach, a jeżeli warunki były sprzyjające, rezultatem tego jest powstanie prawidłowej postaci, zwanej kryształem.

Wyobraźmy sobie, że patrzymy na cząsteczki ciała mineralnego, które znajduje się w roztynie, i to w chwili, kiedy się rozpoczyna proces kryształizacyi. Oczywiście, jak rozmaita bywa postać zasadnicza kryształów, również rozmaitym jest sposób układania się cząsteczek w takim razie. Dla przykładu wybieramy jeden z wielu możliwych wypadków. Widzimy więc, że dokoła pewnej drobiny, od której się proces rozpoczyna, inne podobne ustawiają się symetrycznie, po jednej u góry, u dołu, na prawo i na lewo, z przodu i z tyłu, skutkiem czego powstaje pierwszy zawiązek kryształu, jak na ryc. 7. Przypuśćmy, że

Ryc. 7.



Zawiązek kryształu.

w nim odległość tych cząsteczek od środkowej dla każdego z trzech kierunków wymienionych jest odmienna, największa w kierunku AB, mniejsza w kierunku CD, a najmniejsza w kierunku EF. Jeżeli teraz każda z naszych sześciu drobin będzie przyciągała nowe, a te znowu inne, zawsze według tego samego prawa (t. j. odległość między nimi będzie największa w kierunku AB, najmniejsza w kierunku EF), to powstanie w ten sposób wielościan, będący kryształem, zbudowanym z cząstek, które tworzą prawidłową t. zw. sieć przestrzenną; węzły jej przedstawiają cząsteczki kryształu, oczywiście jednakowo rozmieszczone w każdej jej części.

Wzrost kryształów odbywa się zatem przez prawidłowe układanie się nowych cząsteczek na zewnątrz już istniejących, innymi słowy, kryształ narasta jakby warstwami.

7. Cały szereg własności fizycznych, które można widzieć tylko na kryształach, tłumaczy się właśnie tą właściwą im budową i złożeniem z cząsteczek, rozmieszczonych zawsze i w każdym najmniejszym okruszku prawidłowo i ściśle w taki sam sposób. Rozglądnijmy się teraz bli-

żej w tych szczególnych własnościach, których nigdy nie posiadają ciała bezpostaciowe, pozbawione prawidłowej struktury wewnętrznej.

Bierzemy kryształ soli. Przykładamy ostrze noża równolegle do którejkolwiek jego krawędzi i uderzamy w nie z lekka młotkiem; widzimy, że za każdym razem odpada płytką o ścianach zupełnie gładkich. Łatwo jednak sprawdzić, że sześcian soli daje się łupać w ten sposób tylko równolegle do swoich ścian, nigdy inaczej; widocznie przeto spójność w naszym kryształcie jest tak nieznaczna wyłącznie w kierunku prostopadłym do tych *płaszczyzn łupliwości*. W minerale, w którym cząsteczki nie są regularnie rozmieszczone, nie mogą istnieć pewne stałe kierunki spójności mniejszej i większej i dlatego tylko kryształy okazują *łupliwość*. Także i to jest następstwem rozmieszczenia prawidłowego cząsteczek w naszym kryształcie, że łatwiej przyjdzie nam zarysować go w kierunku równoległym do krawędzi, niż w jakimkolwiek innym, chociaż posiada on *twardość* wogóle bardzo nieznaczną.

Z kulą wyrobioną z kryształu kwarcu możemy zrobić inne doświadczenie. Ogrzewajmy ją, a przekonamy się, że rozszerza się w jednym kierunku mniej, aniżeli w innych. Widocznie w tym kierunku jest mniejszy współczynnik rozszerzalności skutkiem ogrzewania.

Kryształy minerałów okazują niekiedy nawet odmienne zabarwienie, jeżeli patrzymy na nie do światła w kilku kierunkach rozmaitych (*różnobarwność* albo *pleochroizm*¹⁾). Niebieskie kryształy minerału zwanego kordierylem, oglądane do światła z trzech różnych stron, są raz barwy niebiesko-szarej, to znowu żółtej lub wreszcie niebieskiej.

Ani opal, ani żaden inny minerał bezpostaciowy nie może okazywać *łupliwości*, *pleochroizmu* i innych podobnych zjawisk, w których się objawia t. zw. „*różnokierunkowość fizyczna*“, właściwa tylko kryształom lub w ogóle materii krystalicznej. Stąd, gdybyśmy mieli nawet najmniejszą bryłkę jakiegoś minerału, moglibyśmy na pewne twierdzić, że jest ona kawałkiem kryształu, jeżeliby tylko okazywała chociażby jedno, którekolwiek z tych zjawisk. Przekonamy się niebawem, że własności fizyczne nie tylko pozwalają określić, czy mamy do czynienia z kryształem, czy też z ciałem bezpostaciowym, lecz nawet dają możność oznaczenia bliżej pewnych znamion postaciowych dla takich minerałów, które się krystalizują. Dzieje się tak, bo jak własności fizyczne, tak i postaciowe są następstwem tej samej wspólnej przyczyny, t. j. właściwej danemu kryształowi budowy wewnętrznej. Stąd ściśle związek w każdym kryształcie między postacią i własnościami fizycznymi.

8. Kryształy mają postać nader rozmaitą. Kształt ich jest dla wielu minerałów znamienny, przedstawia przeto bardzo ważną cechę rozpoznawczą, po której niejeden minerał daje się już na oko oznaczyć. Poznaniem własności postaciowych najrozmaitszych kryształów, naturalnych czy sztucznych, zajmuje się *krystalografia*²⁾, t. j. nauka wogóle o kryształach.

Doświadczenia i zadania.

1. Weź 15 g alunu zwyczajnego [wodny siarczan glinowo-potasowy, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$], rozpuść go w 100 g wody, poczem roztworem tym wypełnij słoik średniej wielkości, a pośrodku zawieś w nim wolno niegrubą nitkę, owiniętą jednym końcem kilkakrotnie na patyczku tak, aby tylko drugi koniec zanurzał się w cieczy. Patyczek wesprzyj końcami na brzegach naczynia (por. ryc. 9.), które umieść w miejscu spokojnem, o temperaturze

¹⁾ pléos (gr.) obfitujący w coś; chróa (gr.), barwa. ²⁾ grápho (gr.), pisać, opisywać.

Ryc. 8.



Drobne kryształki siarki, wykrystalizowane z roztworu w dwusiarczku węgla.

tożem szkiełka i rozpatruj ją przez mikroskop. Dwusiareczek węgla paruje bardzo szybko i wnet wytworzą się na szkiełku drobne kryształki siarki, jak na ryc. 8.

Ryc. 9.



Naczynie z kryształem atunu zwykłego, który narasta dokoła atunu chromowego.

3. Powtórz doświadczenie pod 1. z roztworem atunu chromowego [wodny siarczan chromowo-potasowy, $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$] barwy fioletowej. Skoro otrzymasz spory kryształ, zawieś go w roztworze zwykłego atunu bezbarwnego. Będzie on rósł dalej przez osadzanie się warstewek coraz nowszych, teraz zupełnie bezbarwnych i wreszcie powstanie okaz bezbarwny z jądrem wyraźnie fioletowym (por. ryc. 9.) Jak zatem rosną kryształy?

4. Sporządź z wosku pewną ilość kulek równej wielkości i przy pomocy patyczków od zapalek zrób z tego model rozmieszczenia cząstek w kryształach, jak na ryc. 7. Następnie pokaż na tym modelu sposób wzrastania kryształów, postępując się nowymi kulkami i patyczkami.

O geometrycznych własnościach kryształów siarki.

9. Siarka krystalizuje się niekiedy w postaci takiej podwójnej *piramidy*, jak na ryc. 10. Wszystkie trzy przekroje przez którekolwiek cztery naroża kryształu, mają kształt rombu, stąd postaci tego rodzaju noszą nazwę „piramid rombowych“.

Ryc. 10.



Model kryształu siarki.

Nietrudno zauważyć, że nasz kryształ siarki daje się podzielić trzema płaszczyznami, stojącymi do siebie prostopadle, na trzy pary połówek symetrycznych względem tych płaszczyzn, które dlatego noszą nazwę jego *płaszczyzn symetrii* (por. ryc. 11.). Dwie z tych ostatnich przechodzą przez oba naroża wierzchołkowe i po dwa przeciwległe środkowe, trzecia przez wszystkie cztery naroża środkowe. Przecinają zatem po dwie pary różnych naroży, dla każdej płaszczyzny w odmiennej

Ryc. 11.



kombinacji i dlatego nie są równoznaczne. Powodują zaś, że ściana naszej piramidy musi się powtórzyć 8 razy, jak na ryc. 10.

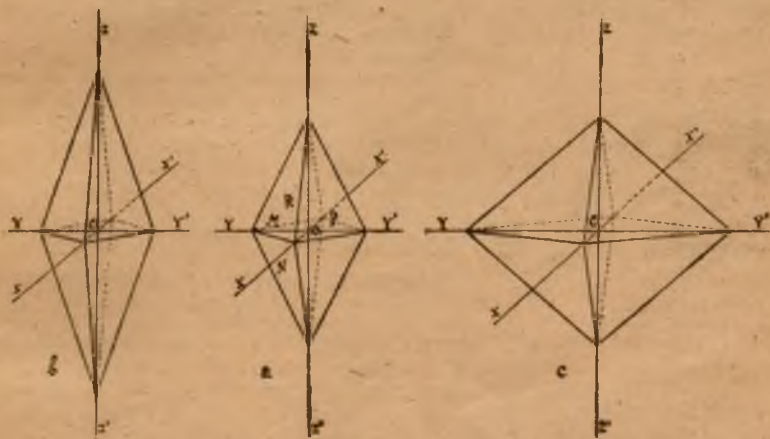
Płaszczyzny symetrii przecinają się z sobą wewnątrz kryształu w trzech do siebie prostopadłych liniach przecięcia XX' , YY' , ZZ' , które przyjmujemy w tym wypadku jako t. zw. *osi krystalograficzne* naszego kryształu i nazywamy krótko osiami X, Y i Z.

10. Jeżeli na kryształ siarki patrzymy w kierunku jednej osi, to przedstawia się on nieco odmiennie, niż oglądany w kierunku którejkolwiek osi innej. Przyczyną tego jest okoliczność, że ściany jego są inaczej ugrupowane dokoła każdej z tych osi, tworząc trojakie naroża: do jednej z nich mniej nachylone tworzą naroża ostrzejsze, względem pozostałych zaś bardziej pochyłe i tworzą tam naroża tępsze. Mówimy więc, że w kryształach siarki są „osi różne“, a sam kryształ nazywamy „różnoosowym“.

Przekonano się też, że zachowuje się on odmiennie w kierunku każdej osi nie tylko ze względu na postać, ale także co do własności fizycznych (współczynnik rozszerzalności, przewodnictwo ciepła i t. d.).

11. Każda ściana kryształu siarki przecina się z każdą z tych osi w którymś z sześciu naroży (por. ryc. 12. a). Łatwo nam będzie zauwa-

Ryc. 12.



Trzy piramidy rombowe o odmiennych stosunkach parametrów.

żyć, że w naszym kryształach oddalenie tego punktu przecięcia się od środka postaci, gdzie się wszystkie osi schodzą z sobą, jest na każdej z nich odmiennie. W narożu ostrzejszym przecinają się ściany z osią przechodzącą tamtędy w większym oddaleniu, niż z inną osią w tępszym narożu. Odmierzmy dla każdej osi to oddalenie i oznaczmy długość tych odcinków, licząc od punktu środkowego O, ogólnie literami a, b, c.

Jeżeli przeło w piramidzie na ryc. 12. a stosunek długości tych odcinków da się przedstawić stosunkiem $a:b:c$, to dla piramidy ryc. 12. b ten sam stosunek będzie przedstawiał $a:b:mc$, a dla piramidy na ryc. 12. c — $a:nb:c$ (przyjmując m i n większe od 1). Widzimy z tego, że znajomość samego stosunku długości takich odcinków wystarcza, aby o jakiejś piramidzie rombowej powiedzieć, czy ona postacią swoją różni się od piramidy siarki i o ile, innymi słowy, czy jest w kierunku którejkolwiek osi ostrzejsza od niej lub tępsza (por. ryc. 12.).

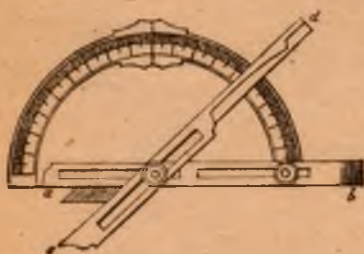
Oczywiście, jeżeli w danej piramidzie rombowej odcinki wszystkich trzech osi. X, Y, Z, są α razy dłuższe, niż w piramidzie siarki na ryc. 12. a, to różni się ona od tego kryształu nie kształtem, lecz tylko rozmiarami, gdyż stosunek $\alpha a : \alpha b : \alpha c$ daje się (drogą skrócenia przez α) sprowadzić do formy $a : b : c$.

Jakie więc jest znaczenie osi krystalograficznych i czym są one w każdym kryształcie, teraz przyjdzie nam łatwo określić: są to idealne proste, co najmniej trzy, przecinające się w środku kryształu, które pozwalają nam, ze stosunku długości odcinków swoich, łatwo i ściśle oznaczyć większe lub mniejsze nachylenie jego ścian do danej osi i wogóle położenie tych ścian w przestrzeni. W matematyce proste tego rodzaju nazywają się „osiąmi współrzędnymi“.

Odcinki osi krystalograficznych, od punktu przecięcia się wszystkich trzech osi w środku kryształu do punktu przecięcia się każdej z nich z daną ścianą, noszą nazwę *parametrów*¹⁾ tej ściany. Widzieliśmy, że znajomość stosunku właśnie tych parametrów ma pierwszorzędne znaczenie przy dokładnem określaniu postaci jakiegoś kryształu, a przekonano się, że stosunek ten, wyrażony liczbami, jest dla kryształów rozmaitych ciał mniej lub więcej znamienity.

12. W naszym kryształcie siarki, a tak samo w każdej innej piramidzie, wystarczy oznaczyć stosunek parametrów tylko dla jednej, którejkolwiek ściany, gdyż wszystkie inne przecinają się z odpowiednimi osiami w tych samych odległościach.

Ryc 13.



Goniometr.

Stosunek parametrów, odciętych w kryształcie siarki (ryc. 12. a) na osiach X, Y, Z przez daną ścianę M, oblicza się z wielkości kątów dwuściennych. Oczywiście, im większy będzie kąt między ścianą M i N, tem większy będzie parametr na osi Z, a cały kryształ będzie w kierunku tej osi wydłużony. Przyrządy, które służą do takich pomiarów, nazywają się goniometrami²⁾; najprostszy goniometr jest przedstawiony na ryc. 13. Składa się z kątomierza, na którego cięciwie (a b) widzimy w środku umieszczony metalowy pręt (c d), dający się obracać, jak wskazówka zegara. Między ruchomy pręt i linijkę, a b, kątomierza wkłada się kryształ w taki sposób, aby obie ściany, które zamykają dany kąt, ściśle przylegały i do ruchomego pręta

i do linijki a b, krawędź zaś utworzona przez te ściany, ma stać prostopadłe do płaszczyzny kątomierza. Kąt, który ruchomy pręt wskazuje wtedy na półkolu, jest szukanym kątem dwuściennym. W kryształcie siarki kąt, zawarty między ścianami M i N, wynosi przeszło 143°, między M i P około 106 $\frac{1}{2}$ °, a między ścianami M i R prawie 95°.

13. W opisanym kryształcie siarki, kształtu piramidy rombowej, każda ściana przecina się z wszystkimi trzema osiami w ten sposób, że stosunek parametrów dla tej postaci (ogólnie $a : b : c$) wyrażony cyframi i skrócony przez wyraz środkowy ($\frac{a}{b} : 1 : \frac{c}{b}$) przedstawia się 0.8138 : 1 : 1.9076.

Każdą postać krystalograficzną, która okazuje tę własność, że jej ściany przecinają się z wszystkimi trzema osiami, zalicza się do typu *piramid*.

Ustawmy naszą piramidę, którą będziemy krótko oznaczali literą P (od słowa piramida), normalnie, t. j. tak, aby jedna oś była pionowa — nazywamy ją osią główną, dwie inne zaś poziome — są to t. zw. osi boczne. Z tych ostatnich osi Y, do nas równoległą czyli po-

¹⁾ paramétréo (gr.), mierzyć, porównywać. ²⁾ gonía (gr.), kąt; métron (gr.), przyrząd do mierzenia.

przeczną, powinna być zawsze oś boczna z parametrem dłuższym, osią X, t. j. podłużną, ta, na której parametr jest krótszy.

Jeżeli teraz wyobrazimy sobie, że parametr odmierzony na osi Z powiększa się ustawicznie, to oczywiście piramida staje się coraz ostrzejsza, a kąt dwuścienny przy krawędziach środkowych zbliża się coraz bardziej do 180^0 . Gdyby parametr ten wreszcie stał się nieskończenie wielki, to każda ściana górna naszej piramidy wpadłaby w odpowiednią ścianę dolną i powstałaby postać czworoscienne, ograniczająca przestrzeń graniastosłupową, ale od góry i od dołu otwartą (ryc. 14.). Stosunek parametrów dla niej byłby $a:b:\infty$. Żadna ściana jej nie przecina się z osią Z, a postaci tego rodzaju nazywają się w krystalografii *słupami pionowymi*. Oznacza się je przez ∞P . (Znak ∞ = nieskończoność, umieszczony przed P mówi, że w tej postaci parametr na osi głównej jest nieskończenie wielki).

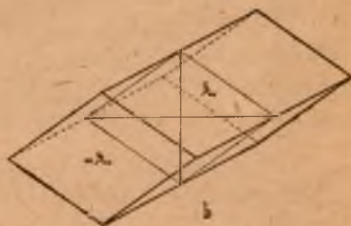
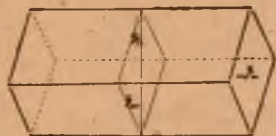
Ryc. 14.



Jest jednak rzeczą zrozumiałą, że w naszej piramidzie, gdzie wszystkie trzy osi są różne, może w ten sposób rosnąć oddzielnie parametr, odmierzony także na którejkolwiek z osi pozostałych. Oczywiście zatem możemy z piramidy rombowej wyprowadzić jeszcze dwa słupy leżące czyli *daszki*, z których jeden będzie równoległy do osi Y (por. ryc. 15. a), ze stosunkiem parametrów $a:\infty b:c$ — jest to leżący słup czyli *daszek poprzeczny*, — drugi leży równoległe do osi X (por. ryc. 15. b) i posiada stosunek parametrów $\infty a:b:c$, a nazywa się leżącym słupem czyli *daszkiem podłużnym*. Znakiem dla pierwszego $P\infty$, dla drugiego ∞P . (Znak „nieskończenie wielki“ po P odnosi się do jednej z osi bocznych, a znaki metryczne nad literą P określają, do której z nich).

Gdybyśmy teraz w piramidzie naszej parametr, odmierzony na osi Z, zmniejszali, albo, co na jedno wyjdzie, parametry na osiach bocznych powiększali, to

Ryc. 15.



z chwilą, kiedy pierwszy z nich zmalałby do zera — przyczem pozostałe parametry stają się nieskończenie wielkimi, — wszystkie cztery ściany górne i wszystkie cztery dolne wpadłyby w siebie i powstałaby jedna płaszczyzna. Jest ona równoległa do osi X i do osi Y, a z osią Z może się przecinać w dowolnej odległości, n. p. w odległości c, zatem stosunek parametrów wyrazimy dla niej przez $\infty a:\infty b:c$. Postać taka nazywa się *dwuścianem podstawowym*, ∞P (por. ryc. 14.).

W naszej piramidzie przez redukcję do zera parametru, odmierzonego na jednej z osi poziomych, wzrastają do nieskończoności parametry na osiach pozostałych; otrzymujemy skutkiem tego dwa inne dwuściany (stojące), jeden równoległy do osi Z i X, drugi do osi Z i Y. Ponieważ każdy z nich przecina się także tylko z jedną osią, mianowicie którąś z osi

bocznych, i to w dowolnej odległości, n. p. a lub b, więc stosunek parametrów dla tych dwuścianów jest $oa:b:oc$ i $a:ob:oc$, a znak ∞P_{oo} i ∞P_{oo} (por. ryc. 15. a, b). Pierwszy z nich równoległy do osi Z i do bocznej osi podłużnej X, nazywa się *dwuścianem podłużnym*; drugi, równoległy do osi Z i do bocznej osi poprzecznej Y, nosi nazwę *dwuścianu poprzecznego*.

Należą one razem z dwuścianem podstawowym do jednego typu postaci, zwanych „dwuścianami“, o ścianach równoległych zawsze do dwóch osi. Oba słupy leżące, wraz z pionowym, przedstawiają typ „słupów“ o ścianach równoległych tylko do jednej osi, a przecinających się z dwiema pozostałymi; trzeci typ — to „piramidy“, których ściany przecinają się z wszystkimi trzema osiami.

14. Wszystkie ściany, znane na najrozmaitszych kryształach, należą zawsze do któregoś z wyżej wymienionych trzech typów krytalograficznych. Rozróżnia się zatem w krytalografii następujące ściany:

- I. piramidalne na piramidach ze znakiem P;
- II. słupowe, mianowicie
 - a) na słupach pionowych ze znakiem ∞P i
 - b) na daszkach ze znakiem P_{∞} (n. p. P_{∞} i $\check{P}_{\infty}$), wreszcie
- III. dwuścienne, jako
 - a) dwuściany podstawowe ze znakiem oP i
 - b) dwuściany podłużne i poprzeczne ze znakiem ∞P_{∞} (n. p. ∞P_{∞} i $\check{P}_{\infty}$).

Jest rzeczą zrozumiałą, że słup, czyto pionowy, czy poziomy czyli daszek, jako postać otwarta nie może sam jeden tworzyć kryształu, to też jest zawsze zamknięty ścianami jakiejś innej postaci, n. p. na ryc. 14. dwuścianem podstawowym. Tak samo dwuściany znajdują się zawsze tylko w połączeniu z innymi postaciami.

Ryc. 16.



Znane są kryształy siarki, na których równocześnie widzimy ściany kilku różnych postaci wyżej opisanych; taki kryształ przedstawia ryc. 16. Ściany *p* należą do piramidy takiej, jak na ryc. 10., ze stosunkiem parametrów $a:b:c$ (0.8138:1:1.9076); litera *s* oznacza drugą piramidę, tępszą w kierunku osi głównej Z, z stosunkiem parametrów $3a:3b:c$, albo (po skróceniu przez 3) — $a:b:\frac{1}{3}c$; ściany *n* tworzą daszek podłużny — stosunek parametrów dla niego $oa:b:c$; wreszcie ściany *c* należą do dwuścianu podstawowego, dla którego stosunek parametrów jest $oa:ob:c$.

Zadania i pytania.

1. Zmierz goniometrem kąty krawędziowe kryształów kwarcu, ortoklazu, augitu i amfibolu.
2. Jeżeli w sześciennie soli osi krytalograficzne przechodzą przez środki ścian, to jaki typ ścian przedstawia ten kryształ? Do jakiego typu postaci zaliczymy ośmiościan ałunu, w którym osi łączą przeciwległe naroża?
3. Oznacz ilość płaszczyzn symetrii w kryształach ałunu i gipsu.

Układy krytalograficzne.

15. Jak wiemy, kryształy mogą przedstawiać rozmaite typy krytalograficzne: piramid ze znakiem P, słupów (∞P i P_{∞}) i dwuścianów (oP i ∞P_{∞}) — według tego, czy ściany dane przecinają się z wszystkimi trzema osiami, czy też z dwiema lub tylko z jedną, a do pozostałych są równoległe.

Jeżeli jednak przypatrzymy się bliżej kryształom rozmaitych minerałów, n. p. takim, jak na ryc. 17., gdzie *a* przedstawia postać, jaką okazują niekiedy kryształy kwarcu, *b* — kryształ siarki, zaś *c* — ałunu, to przekonamy się, że prócz tego mogą zachodzić między nimi różnice, spowodowane właściwą im symetrią odmienną.

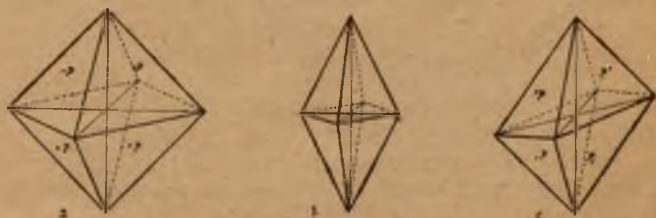
Podczas gdy jeden z kryształów na ryc. 17. jest już znaną nam piramidą siarki o przekroju rombowym, z trzema płaszczyznami symetrii prostopadłymi do siebie i różnoidalnymi (ryc. 17. *b*, por. § 9.), to drugi z nich (ryc. 17. *a*) niech nam przedstawia na razie (porówn. zad. 1. na str. 17.) piramidę o przekroju (poprowadzonym przez naroża środkowe) sześciobocznym i aż z siedmiu płaszczyznami symetrii (jedna płaszczyzna przechodzi przez wszystkie naroża środkowe, trzy stanowią inny rodzaj płaszczyzn symetrii, łącząc oba naroża wierzchołkowe i po dwa środkowe, wreszcie pozostałe, między sobą tak samo równoznaczne, połowią środkowe krawędzie); trzeci — to piramida, zwana ośmiościanem (ryc. 17. *c*), ze znakiem wyjątkowo O (oktaeder), a nie P, i aż z dziewięciu płaszczyznami symetrii (z których trzy, równoznaczne, odpowiadają położeniu płaszczyzn symetrii w ostrosłupie siarki, a sześć innych, tak samo równoznacznych, przechodząc przez dwa przeciwległe naroża, równocześnie połowią krawędzie). Oczywiście dla każdej z tych postaci przyjmuje się układ osi krystalograficznych mniej lub więcej odmienny i odpowiedni. W piramidzie rombowej, na ryc. 17. *b*, wszystkie trzy osi stoją do siebie prostopadle i są różne (por. § 10.). Postać na ryc. 17. *a* ma wyjątkowo aż cztery osi, łączące po dwa przeciwległe naroża; z tych osi boczne, t. j. poziome, są sobie równe, czwarta zaś, główna i do nich prostopadła jest odmienna. W ośmiościanie ałunu osi tak samo łączą naroża, jak w piramidzie siarki, i tak samo stoją na sobie prostopadle, ale wszystkie trzy są równe — jest to zatem piramida „równoośiowa“.

Znamy jednak prócz tego piramidy, które mają pięć płaszczyzn symetrii, n. p. piramida na ryc. 18. *b*. (Jedna z tych płaszczyzn przecina wszystkie naroża środkowe, dwie inne, równoznaczne między sobą, łączą oba naroża wierzchołkowe i po dwa środkowe, pozostałe zaś stanowią dla tej postaci trzeci gatunek płaszczyzn symetrii, przechodząc przez oba naroża wierzchołkowe i połowiąc środkowe krawędzie). Przekrój tej postaci przez naroża środkowe jest kwadratowy, przy-

Ryc. 17.



Ryc. 18.



mujemy zaś dla niej trzy osi prostopadłe, z których dwie boczne są sobie równe. Istnieją także piramidy, posiadające tylko jedną płaszczyznę symetrii i różne wszystkie trzy osi, z których dwie leżą w płaszczyźnie symetrii i przecinają się skośnie (piramida na ryc. 18. a). Wreszcie mamy kryształy zupełnie bez płaszczyzn symetrii, jak piramida na ryc. 18. c, z wszystkimi trzema osiami różnymi i skośnymi.

Ale i ta ostatnia piramida nie jest zupełnie asymetryczna. Posiada, jak wszystkie poprzednie, t. zw. *centrum symetrii*, co się objawia tem, że każdej ścianie odpowiada druga taka sama, do niej równoległa.

16. Z powodu odmiennych stosunków symetrii, jakie okazują piramidy dopiero co opisane, zaliczamy je do rozmaitych klas krytalograficznych. Klas takich krytalografia rozróżnia 32 i grupuje je na podstawie 6 systemów osi, jakie dla nich przyjmujemy, a które dopiero co poznaliśmy, w 6 układów, których przedstawicielami będą dla nas postaci na ryc. 17. i 18.

I. Układ *trójskośny* z 3 osiami nierównymi, przecinającymi się z sobą skośnie, okazuje najprostsze stosunki symetrii; piramida c na ryc. 18. (z stosunkiem parametrów $a : b : c$) nie ma żadnej płaszczyzny symetrii, posiadając tylko t. zw. centrum symetrii. Za oś główną obieramy którąkolwiek z osi krytalograficznych, ustawiając ją pionowo; z dwóch osi pozostałych, jedna jest osią poprzeczną, druga podłużną.

II. Układ *jednoskośny* z 3 osiami nierównymi, z których dwie przecinają się ukośnie, trzecia jest do nich prostopadła, odznacza się już nieco wyższą symetrią. Postać a na ryc. 18. (z stosunkiem parametrów $a : b : c$) posiada oprócz centrum symetrii jeszcze płaszczyznę symetrii, w której przecinają się obie osi skośne X i Z. Jedna z tych osi jest główną i ustawia się ją pionowo, druga podłużną; trzecia, do nich prostopadła, przedstawia oś poprzeczną, względem nas równoległą.

III. Układ *rombowy* z 3 osiami nierównymi, które są do siebie prostopadłe, obejmuje między innymi postaci takie, jak rombowe kryształy siarki z centrum symetrii i 3 płaszczyznami symetrii, stojącymi na sobie prostopadłe i różnoznaczne; (stosunek parametrów dla piramidy na ryc. 10. — $a : b : c$; zresztą porównaj ustęp 13., str. 10—11).

IV. Układ *kwadratowy* z 3 osiami, z których dwie boczne równe sobie, a wszystkie trzy do siebie prostopadłe, odznacza się dla postaci, odpowiadających piramidzie b na ryc. 18. (z stosunkiem parametrów $a : a : c$), obecnością centrum symetrii i aż 5 trojakiach płaszczyzn symetrii (2 równoznaczne + 2 równoznaczne + 1). Oś różną biera się za główną; z pozostałych, jedna jest poprzeczną, druga podłużną.

V. Układ *heksagonalny* obejmuje postaci, dla których przyjmujemy 4 osi: 3 poziome, sobie równe, pod kątem 60° , czwartą do nich prostopadłą. Należy tu piramida sześcioboczna na ryc. 17. a, (z stosunkiem parametrów $a : \infty a : a : c$) z centrum symetrii i 7 trojakiemi płaszczyznami symetrii (3 równoznaczne + 3 równoznaczne + 1). I tu oś różna jest osią główną, z trzech bocznych ustawia się jedną, jako poprzeczną, do nas równoległą. (Ściany na ryc. 17. a są właściwie słupowe; dlaczego?)

VI. Układ *równoosiowy* z 3 osiami równymi i do siebie prostopadłymi ma przedstawiciela w ośmiościanie (z stosunkiem parametrów $a : a : a$), który z postaciami pokrewnymi (z tej samej klasy) stoi co do symetrii najwyżej pośród wszystkich 32 klas krytalograficznych, gdyż posiada obok centrum aż 9 dwójakiach płaszczyzn symetrii (3 równoznaczne + 6 równoznacznych). Wobec równości osi, ustawiamy tu któ-

rąkolwiek z nich pionowo, przyjmując ją za główną; z pozostałych zaś jedną, poprzeczną ustawia się względem nas równolegle, skutkiem czego druga, podłużna zajmuje położenie do nas prostopadłe.

W każdym z tych układów rozróżnia się postaci typu piramid, słupów i dwuscianów.

Zasada ich krótkiego oznaczania zapomocą symbolów takich, jak oP , ∞P , $\infty \tilde{P}\infty$ i t. d. polega na tem, że cyfry (wliczając w nie zero, 0, i znak nieskończoności, ∞), które odnoszą się do osi głównej, pisze się przed P , te zaś, które dotyczą osi bocznych, po P ; wyróżnia się przytem boczną oś poprzeczną i podłużną zapomocą osobnych znaków, pisanych nad P (n. p. w układzie rombowym $\tilde{P}\infty$, $\infty \tilde{P}\infty$ i t. p.). W układzie równoosiowym używa się, jak wiemy (str. 13.), na znaną nam piramidę znaku nie P , ale O , oznaczając analogicznie i inne postaci tego układu ($\infty O\infty$, sześcián i t. p.; por. zad. 2. na str. 12).

Zadania.

1. Weź dobrze wykształcone kryształy (lub w ich braku odpowiednie modele) soli kamiennej, berylu, gipsu, amfibolu i na podstawie płaszczyzn symetrii określ, do jakich układów krystalograficznych należą; następnie oznacz w nich położenie osi krystalograficznych. (O sporządzaniu modeli porówn. zadanie 1. na str. 18.)

2. Na rozmaitych kryształach siarki (względnie na ich modelach, odpowiadających rycinom 10., 16. i 20. b) stwierdź, czy z przybytkiem ścian zmienia się ich symetria.

3. Na rozmaitych kryształach siarki, których symetria i układ są ci już znane, oznacz poszczególne ściany (jako piramidy, słupy i t. d.), kierując się położeniem ich względem osi krystalograficznych. Dla ścian tego samego typu zwróć szczególną uwagę na to, czem się one różnią. spróbuj przytem oznaczyć je przyjętymi znakami.

Postaci złożone i ich określanie.

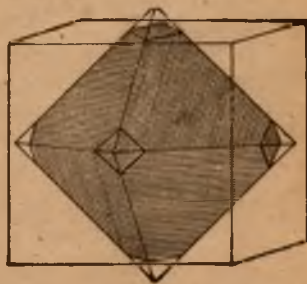
17. Widzieliśmy już na siarce (ryc. 16.), że w przyrodzie można spotkać nieraz takie kryształy, na których znajdują się ściany kilku różnych postaci. Wszystkie kryształy, które okazują ściany rozmaite, przedstawiają t. zw. *kombinacje* albo inaczej *postaci złożone* w odróżnieniu od *postaci prostych*, ograniczonych ścianami jednego rodzaju.

Przez powstanie na kryształach nowych ścian w miarę jego wzrostu, nie może się zmienić symetria właściwa kryształom danego ciała, gdyż nowe ściany ścinają lub tępią równocześnie wszystkie równoznaczne naroża lub krawędzie (porównaj wyżej zad. 2.: *prawo zachowania symetrii*). W jaki sposób sześcián ścina naroża ośmiościanu, pokazuje ryc. 19. Kryształ, który jest właśnie kombinacją ośmiościanu z sześciánem (ośmiościan w przewodzie), widzimy na ryc. 20. a.

Oznacza się kombinacje, wypisując znaki dla oddzielnych postaci i kładąc między nimi kropki, n. p. $P \cdot \tilde{P}\infty \cdot oP$.

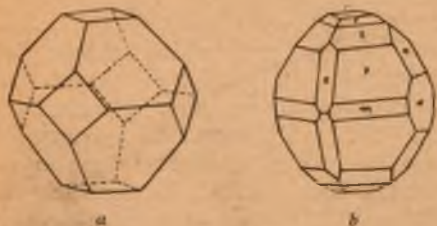
Ryc. 20. b przedstawia kryształ siarki, podobny do znajdującego się na ryc. 16., ale posiadający jeszcze więcej rozmaitych ścianek. Z tych ścian p należy do piramidy ze stosunkiem parametrów $a : b : c$ (0 8138 : 1 : 1 9076). Ściany s i t są ścianami piramid tępszych, ze stosunkiem parametrów dla pierwszej $3a : 3b : c$, po uproszczeniu zaś przez 3 — $a : b : \frac{1}{3}c$. dla drugiej $5a : 5b : c$, czyli po uproszczeniu — $a : b : \frac{1}{5}c$; m oznacza ściany słupa pionowego ($a : b : \infty c$), litery e i n odnoszą się do dwu daszków (stos. parametrów dla pierwszego $a : \infty b : c$, dla drugiego $\infty a : b : c$); r wskazuje dwuscian podstawowy ($\infty a : \infty b : c$), lit. a — dwuscian podłużny ($\infty a : b : \infty c$).

Ryc. 19.



Stwierdzamy na tym przykładzie zasadnicze prawo krystalograficzne, że współczynniki, którymi się różnią parametry ścian jakiejś kombinacji, są zawsze liczbami prostymi i wymiernymi (wliczając w to i ∞), n. p. w naszym wypadku 1, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{5}$ i ∞ ; jest to t. zw. *prawo wymierności współczynników*¹⁾.

Ryc. 20.



Ściana, której parametry mają tylko współczynnik 1, nazywa się „ścianą jednostkową”, a każda postać prosta, ograniczona ścianami takimi lub o parametrach 1 i ∞ , nosi nazwę postaci „pierwotnej” lub „zasadniczej”. n. p. piramida zasadnicza, słup zasadniczy i t. d. Dwuścian każdy jest zasadniczy.

Stosunek parametrów ściany jednostkowej, wyrażony liczbami szczegółowymi — w naszym wypadku 0'8138 : 1 : 1'9076 — jest dla wszystkich kryształów danego ciała stały

i charakterystyczny (jak jest stałe nachylenie ścian odpowiedniej piramidy); nazywamy go „stosunkiem osiowym”. (Por. str. 10., § 11.).

O kryształach sfalerytu i postaciach półściennych.

18. Minerale, zwany sfalerytem albo blendą, ważny kruszec cynku. krystalizuje się nieraz w ośmiościanach, których ściany są na przemian gładkie i połyskujące lub matowe (por. ryc. 21.). Ponieważ w normalnym kryształe postaci ośmiościanu (ryc. 17. c) wszystkie ściany powinny być równe także ze względu na swoje własności fizyczne, więc należy przyjąć, że w skład wspomnianego kryształu blendy wchodzi właściwie dwie postaci.

Otrzymamy je oddzielnie, jeżeli w opisanym kryształe sfalerytu lub w ośmiościanie na ryc. 22. a przedłużymy aż do wzajemnego przecięcia się naprzód same ściany gładkie, a potem matowe, z niemi naprzemianległe. Powstaną w takim razie dwie postaci (por. ryc. 22. b i c), zwane „czworościanami”. Każda z nich jest ograniczona płaszczyznami czterema, a różnią się między sobą przede wszystkim położeniem ścian w przestrzeni; osi leżą w nich, jak w ośmiościanie, połowiąc środki przeciwległych krawędzi. Jeden nazywa się dodatnim, drugi ujemnym; znak dla nich $+$ i $-$. Czwościany dają się dzielić tylko w 6 kierunkach na połowy symetryczne i nie posiadają centrum symetrii, a więc w obrębie układu równoosiowego przedstawiają, obok ośmiościanu i postaci po-

Ryc. 21.



Kryształ blendy.

Ryc. 22.



krewnych z 9 płaszczyznami symetrii, klasę odrębną „postaci półściennych” tylko z 6 płaszczyznami tego rodzaju. Piramidy, omówione

¹⁾ Odkrył je opat René Just Haüy (czyt.: ajú), profesor mineralogii w Paryżu (1743—1822). Jest on twórcą dzisiejszej krystalografii umiętejnej.

w § 15., są przedstawicielami klas „całościennych“, każda dla innego układu.

Zadania i pytania.

1. Na kryształach kwarcu, jaki przedstawia ryc. 17. *a*, można niekiedy zauważyć, że jak na ośmiościanie blendy, ściany są tylko naprzemian równe, jedne błyszczące, drugie matowe. I tu zatem mamy do czynienia właściwie z kombinacją 2 postaci półściennych, jednej dodatniej, a drugiej ujemnej. Ile ścian posiada każda z nich? Spróbuj otrzymać je oddzielnie przez przykładanie do odpowiednich ścian piramidy sześciobocznej kawałków tektury, aż do ich przecięcia się wzajemnego (por. ryc. 23.) i wyklejenie z ścian w ten sposób uzyskanych nowej postaci.

2. Postać półścienna, którą w ten sposób otrzymasz, nazywa się „rombościanem“; znak dla niej $+R$ i $-R$. Ile płaszczyzn symetrii znajdziesz na modelu rombościanu i czy brak mu centrum symetrii, jak czworościanowi? Czy w obrębie układu heksagonalnego zaliczymy rombościan do tej samej klasy kryształograficznej, co znaną nam piramidę sześcioboczną? (Porówn. czworościan, str. 16.)

3. Jaki jest stosunek parametrów dla ścian czworościanu i rombościanu i do jakiego typu zaliczysz te postaci (typ piramid, słupów i t. d.)?

O kryształach niedokładnie wykształconych.

19. Między kryształami w rozmaity sposób niedokładnie wykształconymi, n. p. o ścianach niegładkich lub zbyt drobnych i t. p., spotykamy szczególnie często takie postaci, których nieprawidłowość polega na nierównym oddaleniu równoznacznych ścian kryształu od jego środka.

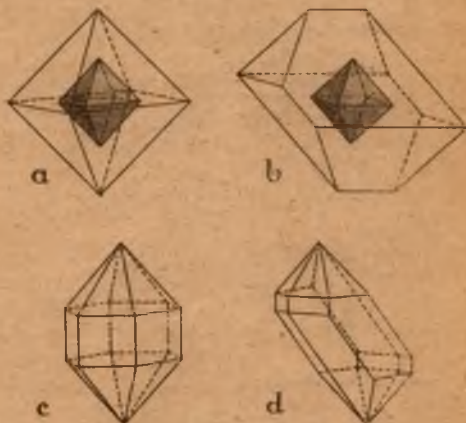
Postaci takie tworzą się w ten sposób, że kryształ rośnie w pewnym kierunku silniej, niż w innych; skutkiem tego, jedne ściany zmniejszają się i mogą nawet zniknąć zupełnie, inne zmieniają znowu swój kształt pierwotny i cała postać staje się nieraz zupełnie niepodobna do kryształu normalnie wykształconego. Widzimy to bardzo często na sztucznych ośmiościanach alunu (por. ryc. 24. *b*) lub na kryształach kwarcu, zwanych dyamentami marmaroskimi (ryc. 24. *d*).

Jest jednak podstawową właściwością kryształów, że, zmieniając w ten sposób postać swoją czasem nie do poznania, zawsze zachowują to nachylenie ścian, jakie posiadałyby kryształy normalnie wykształcone. Widzimy to bardzo wyraźnie właśnie na ryc.

Ryc. 21.



Ryc. 24.



a i *c* — kryształy, które rosły normalnie (*a* — wewnątrz ośmiościanu zwykłego alunu kryształ alunu chromowego); *b* i *d* — kryształy, które rosły w pewnych kierunkach nierównomiernie (*b* — wydłużony w jednym kierunku kryształ alunu zwyczajnego osłania prawidłowy ośmiościan alunu chromowego).

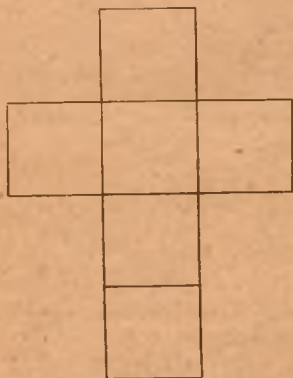
24. Wynika zaś z tego, że jest cechą

charakterystyczną dla kryształów nie tyle ich postać i kształt ścian, ile nachylenie tych ostatnich, które dla danej postaci i danego minerału jest zawsze stałe (*prawo stałości kątów*).

Zadania.

1. Wiemy już z nauki w kl. IV., że dla każdego kryształu można nakreślić t. zw. siatkę, która, po odpowiednim złożeniu wszystkich ścian, tworzy model kryształu. Robiliśmy modele tego rodzaju, rysując siatkę starannie na niezbyt grubej tekturze i wycinając ją ostrym szczytykiem wzdłuż linii granicznych. Z kolei wycina się tekturę w krawędziach, gdzie na rysunku schodzą się po dwie ściany, mniej więcej do połowy grubości, i zgina się ją w tych miejscach, poczem ściany łączą się z sobą tak, aby zamknęły zupełnie przestrzeń, sklejaając je lakiem od wewnątrz wzdłuż krawędzi, lub z zewnątrz na narożach. W tym ostatnim wypadku trzeba jeszcze ściany spoić jakimś klejem na wewnątrz; skoro on zaschnie, usuwa się lak z naroży. Aby model był trwały i dobrze wyglądał, oblepia się krawędzie kolorowym papierem, poczem wycina się z papieru białego fi-

Ryc. 25.



Sześcian (ooOoo),

Ryc. 27.



Piramida rombowa (P).

Ryc. 26.



Ośmiościan (O).

Ryc. 28.



Piramida rombowa i dwuścian podstawowy (P.oP)

gury tego kształtu, jak ściany modelu, ale nieco mniejsze, i nakleja się je ostrożnie. Krawędzie, tworząc w takim razie równe i wąskie paski kolorowe, przyczyniają się do uwydatnienia kształtów modelu.

2. Sporządź modele według siatek na ryc. 25., 26., 27. i 28.

3. Wykreśl siatkę kryształu kwarcu takiego, jak na ryc. 24. c, zmierzysz wpierw potrzebne kąty na kryształach naturalnych.

4. Porównaj zniekształcony ośmiościan alunu z kryształem prawidłowym, lub z modelem ośmiościanu. Zmierz goniometrem odpowiednie kąty krawędziowe na obu kryształach, względnie modelach. Co zawsze stwierdzisz w takim razie?

CZĘŚĆ II.

Zarys fizyografii minerałów, tudzież geologii fizyograficznej i dynamicznej.

20. Fizyografia¹⁾ minerałów przedewszystkiem opisuje je i grupuje według pewnych zasad, zajmując się sposobem ich powstania, warunkami, wśród których znajdujemy dane minerały, i przemianami, którym one w przyrodzie ulegają. Złożenie i budowa skorupy ziemskiej są przedmiotem fizyograficznej geologii, podczas gdy geologia dynamiczna²⁾ rozpatruje przemiany, którym ulega ta skorupa, i bada siły, które wywołują te zmiany i przeobrażenia.

Ponieważ minerały są składnikami skorupy ziemi, czyto jako części składowe skał złożonych, czy też w postaci skał jednorodnych i t. p., więc związek ich z przemianami, którym ulega owa skorupa, jest wprost oczywisty.

Powstania w przyrodzie złoży soli kamiennej nie zrozumie ten, kto nie zna dokładnie geologicznego procesu tworzenia się osadów chemicznych z wody jezior słonych; z drugiej strony n. p. proces wietrzenia skał i ich przeobrażenia się nigdy nie będzie dokładnie zrozumiał w swej istocie — jako zjawisko geologiczne, jeżeli nie będziemy znali własności tych minerałów, które tworzą daną skałę.

Z tej przyczyny znajdziemy poniżej opis minerałów, postępujący równolegle z rozpatrywaniem najważniejszych zjawisk z zakresu geologii fizyograficznej i dynamicznej. A ponieważ pierwotne składniki skorupy ziemskiej — to przedewszystkiem t. zw. skały wybuchowe, więc też i nasz przegląd rozpoczynamy od tych skał i od minerałów, które je tworzą, a w pierwszym rzędzie od poznania zjawisk wulkanicznych, z którymi skały wybuchowe pozostają zawsze w bliższym lub dalszym związku.

O wulkanach i zjawiskach wulkanicznych.

21. Takie skały wybuchowe, które w postaci masy ognisto-ciekłej dobywają się z głębi ziemi i następnie rozlewają się na jej powierzchni, ogólnie nazywamy *lawami*; miejsca, gdzie lawy wypływają od czasu do czasu na powierzchnię ziemi, przedstawiają zazwyczaj t. zw. *wulkany* (jeżeli na dnie morza — podmorskie).

Najczęściej są to wzniesienia postaci stożkowatej, a bardzo rozmaitej wysokości (por. ryc. 29 i 30.); tak Chimborasso w południowo-amerykańskich Andach wznosi się 6.310 m, Etna 3.313 m, podczas gdy wulkan Monte Nuovo na polach Flegrejskich koło Neapolu posiada najwyższego 139 m wysokości. Lawa wypływa z nich „kanałem wybuchowym” (por. ryc. 32.), którego ujście tworzy t. zw. „krater”. Wulkany czynne widzimy w Europie na morzu Śródziemnem i na jego wybrzeżach, tu-

¹⁾ phýsis (gr.), natura, własności; grápho (gr.), piszę. ²⁾ dýnamis (gr.), siła.

dzień w Islandyi; do pierwszych należą Wezuwiusz, Etna, Stromboli i Volcano (w grupie wysp Liparyjskich na płn. od Sycylii), tudzież wulkany grupy wysp Santoryn w Cykladach na morzu Egejskim.

Wulkany powstają często tam, gdzie w skorupie ziemskiej wytworzyły się jakieś pęknięcia lub t. p. skutkiem ruchów, którym ulega litosfera (por. § 2.).

W wielu okolicach na kuli ziemskiej znajdują się t. zw. *wulkany wygasłe* (we Francyi środkowej na wyżynie Auvergne, w Niemczech na wyżynie Eifelskiej nad Renem i t. d.), które, jak daleko sięga w przeszłość pamięć ludzka, nigdy nie były czynnymi (ryc. 29.). W miejscach tego rodzaju, po ustaniu wybuchów, wydzielają się jednak długo jeszcze gazy siarkowe, SO_2 i H_2S , jak to widzimy w rozmaitych *solfatarach* i bezwodnik węglowy, CO_2 , dobywający się w t.

Ryc. 29.



Widok grupy wygasłych wulkanów na wyżynie Auvergne (w środkowej Francyi).

zw. *mofettach* (n. p. słynna Psia Grota koło Neapolu). Również obecnością gorących źródeł odznaczają się zwykle takie obszary, a ostatniem echem wulkanizmu są nieraz źródła wody bogatej w bezwodnik węglowy.

Co się tyczy *geograficznego rozmieszczenia wulkanów*, łatwo się przekonać, że zwykle ciągną się szeregami wzdłuż wybrzeży kontynentów, na stałym lądzie lub na wyspach! Widzimy je w znacznej ilości na zachodnim brzegu Ameryki, zwłaszcza środkowej i po-

łudniowej, dalej na Aleutach, Kamczatce, Kuryłach, w Japonii i na Filipinach, a więc wzdłuż całych wschodnich wybrzeży Azji. Wyspy Sumatra, Jawa i inne w archipelagu Sundajskim, Antylle i t. d. posiadają także całe szeregi czynnych wulkanów. Brzegi mórz i oceanów przedstawiają bowiem nieraz kierunki, wzdłuż których obniżały się znaczne płyty skorupy ziemskiej, tworząc w ten sposób baseny morskie. I tak n. p. morze Egejskie powstało stosunkowo bardzo niedawno skutkiem zapadnięcia się lądu stałego, łączącego dzisiejszy półwysep bałkański z Małą Azją; wiąże się z tem powstanie wulkanów w grupie wysp Santoryn, należącej do południowych Cykladów. Podobnie świeżej daty jest morze Tyreńskie, a Wezuwiusz i inne wulkany w okolicy Neapolu (Pola Fle-

grejskie), wulkany liparyjskie i Etna wskazują jakby na świeże jeszcze i niezupełnie zarosłe blizny w tej części skorupy ziemskiej.

22. *Wybuch wulkanu* zapowiada się silniejszym dobywaniem się z krateru gazów rozmaitych [H_2O (?), H_2S , SO_2 , Cl , HCl , F , CO_2 , CH_4 , H , N , NH_3 , Fe_2Cl_6 i t. d.], głuchym podziemnym łoskotem i nieraz nagłym znikaniem wody w okolicznych studniach tudzież źródłach. Towarzyszy temu drżenie gruntu, które potęguje się zwolna i staje się nieraz groźnem dla najbliższej okolicy trzęsieniem ziemi (*trzęsienia ziemi wulkaniczne*). Równocześnie kanałem wybuchowym podnosi się zwolna lava, pędzona prężnością gazów zawartych w niej. ciśnieniem pokładów skorupy ziem-

Ryc. 30.



Wybuch Wezuwiusza.

wulkaniczny. Czasem towarzyszy wybuchowi wulkanu tak znaczna ilość popiołów i, wyrzucone w powietrze, dostają się one na taką odległość, że mogą zasypać całe osady i miasta (Pompei i Herculanium w r. 79.). Pył wulkaniczny wraz z gazami tworzy nad wulkanem podczas wybuchu jakby słup olbrzymi, który nazywają w okolicy Wezuwiusza piną, gdyż, rozkładając się u szczytu, przypomina kształtem pewien gatunek sosny tej nazwy, pospolity we Włoszech. Z chmury tej wypadają pioruny, a ulewne deszcze, które powstają skutkiem skroplenia się pary i porywają z powietrza mnóstwo popiołu wulkanicznego, dają początek nieraz całym potokom wulkanicznego błota i szlamu (por. ryc. 30.). Wreszcie pod naporem mas wybuchowych przychodzi zwykle do rozdarcia ścian wul-

skiej i t. p. Posiada ona temperaturę w chwili wybuchu przeszło $1000^{\circ} C$. Gazy, które lava zawiera w bardzo znacznej ilości, ciągle eksplodując w głębi wybuchowego kanału, torują w ten sposób drogę dla dobywającej się z głębi roztopionej masy wybuchowej. Eksplozyje gazów nie tylko kruszą wszelkie zapory, lecz powodują także rozbryzgiwanie się samej lawy na drobne części, które z ogromną siłą wyrzucane w powietrze tworzą bomby (por. ryc. 31.), piasek i popiół

Ryc. 31.



Bomba wulkaniczna (widziana z dwóch stron), która wyrzucona w powietrze jeszcze w stanie półciekłym uległa wyraźnemu wyciągnięciu i skręceniu.

kanu i jedną lub kilku szczelinami zaczyna się dobywać lava, przepojona gazami. Tworzy ona niekiedy strumienie lawowe długości kilkunastu i więcej kilometrów.

Nauka zapisała liczne wybuchy wulkanów, które stały się prawdziwymi katastrofami dla człowieka. Takim był wybuch Wezuwiusza w r. 79., który między innymi zasypał popiołem wulkanicznym dwa duże i piękne miasta, Pompei i Herculaneum, przysparzając o śmierć wiele ludzi. Bez porównania więcej ofiar ludzkich spowodował wybuch wulkanu Gunung Gelungung na Jawie w r. 1822. Wyrzucił on tak wiele popiołu, wody gorącej i szlamu wulkanicznego, że całą ludną i żyzną okolicę z licznymi osadami i mieszkancami pokrył warstwą mułu grubą na 10—15 m. Wybuch wulkanu Krakatau w cieśninie sundajskiej w r. 1883. był rodzajem nagłej i gwałtownej eksplozji, która wysadziła w powietrze większą część sporej wysepki. Gwałtowny huk, który temu towarzyszył, było słychać dokoła w promieniu 3.400 km, a olbrzymie fale morza, wywołane wybuchem, wysokości 30 m, zalały okolice przybrzeżne sąsiednich wysp, niszcząc wszystko doszczętnie; zginęło wtedy około 40.000 ludzi. Popiół wulkaniczny, wyrzucony w górę do wysokości 40 km, pokrył 20.000 mil kwadrat. powierzchni, a unosząc się jeszcze przez wiele miesięcy po wybuchu w bardzo znacznej wysokości, wywołał w Azji, Afryce i Europie niezwykle zore, towarzyszące zachodom słońca. Wybuch wulkanu Mont Pelée na Martynice w r. 1902. zniszczył całe miasto St. Pierre, wraz z ludnością trzydziestotysięczną, prawie w mgnieniu oka, zabijając wszystko i paląc olbrzymią masą gazów trujących o bardzo wysokiej temperaturze.

23. Z wyrzuconych w ten sposób popiołów i z lawy sam wulkan buduje sobie stożkową górę, z kraterem na szczycie (por. ryc. 32.). Góry tego rodzaju są to „wulkany tufowe” (typ Wezuwiusza; tuf jest to skała powstająca z popiołów wulkanicznych). Czasem jednak rzadka lava, pozbawiona gazów, nie rozpyla się w popiół wulkaniczny, a będąc bardzo ciekłą, rozlewa się szeroko i tworzy w ten sposób sama tarczowate, szerokie i stosunkowo płaskie wyniosłości z kraterem na szczycie; powstaje w takim razie jakby jezioro lawowe, wypełniające krater wulkanu. Są to t. zw. „wulkany lawowe”, a klasycznym

Ryc. 32.



Wulkan w przekroju, z kanałem wybuchowym, wypełnionym lawą, pośrodku: nachylone warstwy kropkowane, które tworzą wzniesienie wulkanu. złożone są z materiału, wyrzuconego podczas wybuchów.

przykładem ich wulkan Kilauea na wyspach Hawajskich (stąd nazywają je także wulkanami „typu hawajskiego”). Jeżeli przytem lava dobywa się nie jednym kraterem, ale całą szczeliną, to może się rozlewać na przestrzeni wielu setek, a nawet tysięcy kilometrów kwadratowych, dając początek olbrzymim pokrywom i płytom wybuchowym. Ciekawy typ wulkanów przedstawiają wreszcie „wulkany gazowe”, powstające skutkiem jednorazowego wybuchu gazów, bez lawy i bez tufów w pokażniejszej ilości. Skorupa ziemską ulega w takim razie jakby przestrzeleniu przez gazy o bardzo wysokiej temperaturze i pod ogromnem ciśnieniem, a na jej powierzchni powstają okrągłe zagłębienia, niekiedy o średnicy kilkuset i więcej metrów, które, jeżeli się wypełnią wodą, tworzą charakterystyczne jeziora. Na wyżynie Eifelskiej noszą one miejscową nazwę „marów” (Maar), które często używają

dla całego typu wulkanów tego rodzaju (por. dyamenty-południowo-afrykańskie).

Oczywiście wulkany są jednym z wyrazów oddziaływania pirosfery na skorupę ziemską i czerpią masę wybuchową, zwaną magmą z głębi ziemi; przypuszczają jednak, że do-
bywa się ona nie bezpośrednio z samej pirosfery, ale z oddzielnych ognisk, które mogą znajdować się stosunkowo wcale nie głęboko pod powierzchnią. To tłumaczy, że wulkany nawet znajdując się blisko, o ile łączą się z ośrodkami oddzielnymi, okazują zupełną niezależność w swej czynności, a z czasem, po wyczerpaniu się lub wystygnięciu ogniska zasilającego, przechodzą w stan wulkanów wyga-
słych (por. ryc. 33).

Ryc. 33.



Podziemne ognisko magmy (t. zw. ognisko plutoniczne) w związku z wulkanem.

Dzisiejsze poglądy na budowę i tworzenie się wulkanów kształtowały się zwolna w ciągu ubiegłego stulecia. Werner¹⁾, jeden z twórców nowoczesnej geologii, utrzymywał wraz z całą szkołą neptunistów²⁾, że wulkany powstają skutkiem procesów miejscowych w skorupie ziemskiej, jak pożary pokładów węgla kamiennego i t. p. Odpowiadało to podstawom nauki neptunistów, która uważała wodę za czynnik jedynie ważny w samym powstaniu ziemi i w procesach, kształtujących ją, jak dawniej, tak i dzisiaj. Przeciw takim teoryom występowali jednak plutoniści³⁾, przyjmując istnienie pirosfery o znaczeniu pierwszorzędem w geologicznych procesach i przypisując jej oddziaływanie bezpośredniemu zjawiska wulkaniczne. Poglądy ich zwyciężyły ostatecznie, kiedy w początkach XIX. stulecia znalazły znakomitych obrońców w dwu uczniach Wernera — Buchu⁴⁾ i Humbolcie⁵⁾. Ale jak od zapatrywań dzisiejszych odbiegali nawet plutoniści, widzimy w tem, że dopatrywali się w wulkanach miejsc skorupy ziemskiej, podniesionych działaniem mechanicznem lawy wybuchowej i widzieli w nich jakby klapy bezpieczeństwa przeciw trzęsieniom ziemi.

24. Lawa, spływając po zboczach wulkanu całemi strugami, stygnie. W miarę tego, jak opada jej temperatura, jeżeli tylko ten proces nie odbywa się zbyt szybko, wydzielają się w masie jeszcze płynnej kryształy rozmaitych minerałów, skutkiem czego staje się ona wreszcie, po zupełnem skrzepnięciu, mniej lub więcej ziarnista.

Prócz law dzisiejszych wulkanów spotykamy jednak nierzadko skały wybuchowe w takich miejscach, gdzie wybuchów wulkanicznych nie było zupełnie, albo przynajmniej od niepamiętnych czasów. Jedne z nich są ostatnią pozostałością wulkanów, które uległy zupełnemu zniszczeniu pod działaniem wody, powietrza i t. p., inne przedstawiają skały, które, skrzepnawszy w głębi skorupy ziemskiej, nie dobyły się od razu na jej powierzchnię i dopiero później, skutkiem zniszczenia powierzchniowych części litosfery, zostały z głębi jakby wypreparowane. W Polsce znajdu-

¹⁾ Abraham Gottlob Werner (1750—1815) był profesorem Akademii górniczej w Freibergu. Ogromny był wpływ jego na rozwój współczesnej mu geologii i mineralogii.
²⁾ Neptun, w mitologii klasycznej bóg morza. ³⁾ Pluton, bóg świata podziemnego. ⁴⁾ Leopold Buch należy do najwybitniejszych geologów swego czasu. Urodzony w r. 1774, umarł w Berlinie w r. 1852. ⁵⁾ Aleksander Humboldt, jeden z najznakomitszych badaczy przyrody, urodził się w r. 1769. Wiele podróżował (Ameryka połudn., Syberya i t. d.). Umarł w r. 1859.

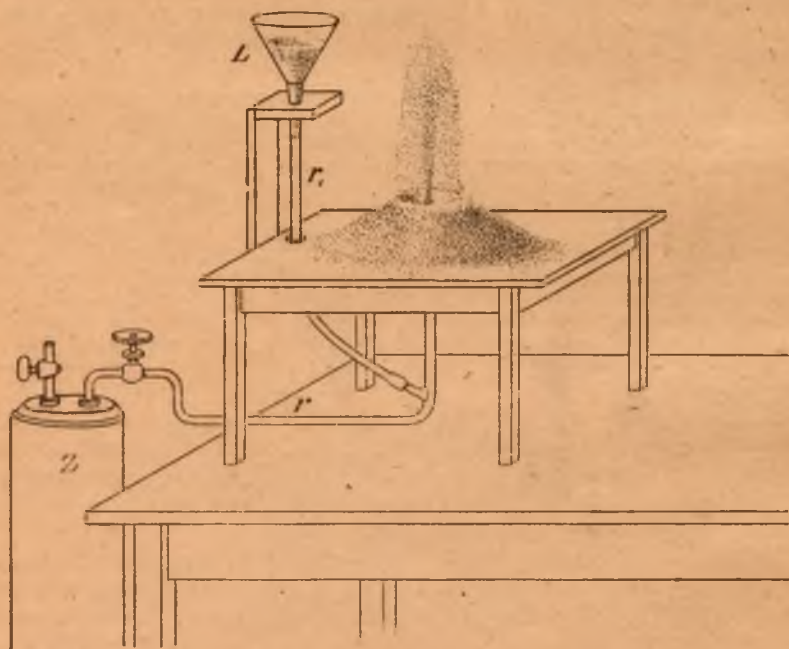
jemy n. p. w okolicy Krakowa skały wybuchowe zwane porfirami, koło Szczawnicy t. zw. andezyty, a w Tatrach granit.

We wszystkich skałach wybuchowych, i dzisiejszych i dawniejszych, odgrywają główną rolę — jako ich składniki — minerały, należące do działu krzemianów, a we wielu prócz tego jeszcze i kwarc z grupy tlenków.

Doświadczenia.

1. Pewne zjawiska wulkaniczne, a zwłaszcza tworzenie się wulkanu tufowego można dobrze pokazać doświadczeniem. Robi się to w ten sposób (por. ryc. 34.), że przy pomocy jakiegoś gazu bardzo silnie zagęszczonego w odpowiednim naczyniu (z), wyrzuca się z rury drobny piasek prosto w górę; padając dokoła ujścia przewodu na podstawę, tworzy on charakterystyczny stożek, kształtu wulkanów tufowych. Podstawą jest niski stołeczek, płytę jego przebija od spodu, dokładnie pionowo, rura, którą gaz wypuszczamy (r); drugim, nieco węższym przewodem (r'), sypie się do rury z lejka (L) piasek suchy, czysty, zupełnie pozbawiony pyłu.

Ryc. 34.



2. Powstawanie „wulkanów gazowych” (marów) możemy objaśnić innem doświadczeniem. W tym celu wycinamy na dnie drewnianem płaskiej skrzyni kilka okrągłych zagłębień, średnicy około 1 cm, a głębokości mniej więcej 2 mm. Do każdego z nich wchodzi z dwóch stron cienkie sztabki mosiężne, które dają się połączyć z przewodami elektrycznymi. W zagłębienia wysypuje się około $\frac{1}{2}$ g prochu strzelniczego, poczem skrzynkę wypełnia się aż po brzegi piaskiem, powierzchnię jego wyrównując na gładko. Jeżeli teraz proch zapalimy iskrą elektryczną, powstają skutkiem eksplozyi na powierzchni piasku charakterystyczne, płaskie lejki z niskim wałem na obwodzie, które uderzająco przypominają „mary” wyżyny Eifelskiej i inne.

Tlenki.

(Inne tlenki porównaj w §§ 77—81.).

23. Kwarzec ($T. = 7$, c. w. = $2.5—2.8^1$) jest czystą krzemionką, SiO_2 , t. j. bezwodnikiem kwasów krzemowych. Krystalizuje się w układzie heksagonalnym w postaciach, które są często kombinacją sześciobocznego słupa, ∞P , i dwóch tak zwanych rombościanów, ujemnego i dodatniego (ryc. 35., por. zad. 1., 2. i 3. na str. 17.). Na ryc. 35. *a* i *b* oba rombościany są w równowadze (jak czworosłupiany w kryształach sfalerytu na ryc. 21.), dlatego tworzą jakby ostrosłup sześcioboczny; na ryc. 35. *d* jest tylko jeden z nich wykształcony. Czysty kwarzec jest bezbarwny i doskonale przejrzysty, bywa jednak bardzo często rozmaicie zabarwiony² i nierzadko mniej lub więcej przezroczysty; połysk posiada zazwyczaj szklisty. Odnacza się twardością znaczną i nie okazuje wyraźnej łupliwości; po rozbiciu posiada nowe powierzchnie zwykle muszlowato zagłębione, czyli ma „przełom“ muszlowy. C. w. niewielki. Jest jednym z minerałów najbardziej opornych na wpływy chemiczne i tylko kw. fluorowodorowy łatwo go nagryza i rozpuszcza. Z sodą topi się na kulkę szkła przezroczystego.

W przyrodzie rozczyń węglanów metali alkalicznych (sodu, potasu, lub t. p. — n. p. K_2CO_3 , Na_2CO_3) działają na kwarzec rozpuszczająco, ale oczywiście zwolna, w bardzo długich okresach czasu.

Kwarzec jest jednym z minerałów najpospolitszych na ziemi, gdyż wchodzi w skład licznych i różnych skał wybuchowych, jest dalej głównym składnikiem większości rozmaitych piaskowców, a prócz tego czasem tworzy sam dla siebie całe skały kwarcu krystalicznego. Nieraz spotykamy go także w postaciach pięknie skryształizowanych pośród szczelin w rozmaitych skałach, a kryształy jego mogą dochodzić w takim razie znacznych rozmiarów.

Uwaga. Gdybyśmy chcieli twardość kwarcu dokładnie określić, moglibyśmy powiedzieć, że jest ona 7-go stopnia, ponieważ kwarzec znajduje się na siódmym miejscu między minerałami, tworzącymi t. zw. skalę twardości Mohsa. Minerały te, ułożone porządkiem od miększych do twardszych, tworzą następujący szereg: 1. talk, 2. sól kamienna albo gips, 3. kalcyt, 4. fluoryt, 5. apatyt, 6. ortoklaz, 7. kwarzec, 8. topaz, 9. korund, 10. dyament. Należy jednak pamiętać, że różnica w twardości między ostatnimi minerałami tej skali jest daleko większa, niż między pierwszymi.

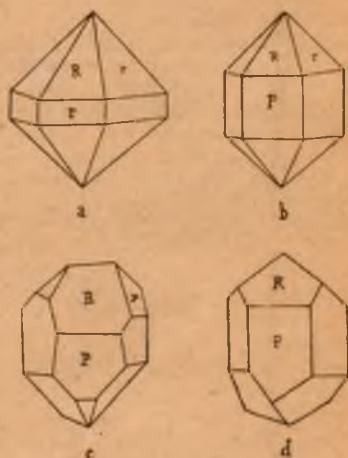
Pytania.

1. Jak się oznacza twardość minerałów przy pomocy skali? (Porównaj podręcznik na kl. IV.).

2. Jaki inny, prostszy sposób określania twardości w przybliżeniu poznałeś rok temu?

¹) c. w. — ciężar właściwy; twardość będzie oznaczana w dalszym ciągu krótko literą T.

Ryc. 35.



Kryształy kwarcu.

a, b, c: $\infty P \cdot (\infty R) + R, - R$
d: $\infty P (\infty R) + R$

Krzemiany pierwotne, będące głównymi składnikami skał wybuchowych.

26. Są to — jak wogóle wszystkie krzemiany — sole kw. krzemowych, które wchodzą w ich skład najczęściej w dwóch rodzajach: H_2SiO_3 lub H_4SiO_4 (kw. meta- i ortokrzemowy). Nierzadko odznaczają się złożeniem bardzo zawiłym, przedstawiając rozmaite t. zw. wielokrzemiany (sole kw. wielokrzemowych). Krzemiany glinowo-potasowe, -wapniowe lub t. p. uważa dzisiaj wielu mineralogów za sole osobnych kwasów glinokrzemowych, czyli t. zw. glino-krzemiany (n. p. ortoklaz według tego nie jest krzemianem glinowo-potasowym, ale glino-krzemianem potasu).

Grupa skaleni.

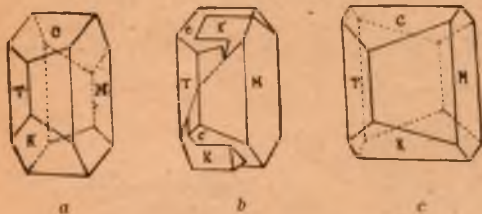
27. Należą tu minerały, które są krzemianami glinowo-potasowymi, glinowo-sodowymi lub -wapniowymi, albo też ich mieszaniną. Krystalizują się w układzie jednoskośnym lub trójskośnym. Łupliwość posiadają doskonałą w dwóch kierunkach, prostopadłych do siebie lub prawie prostopadłych. Produktem ich rozkładu w przyrodzie jest glinka porcelanowa.

U skaleni jednoskośnych obie płaszczyzny łupliwości stoją do siebie prostopadle; są to t. zw. *ortoklasy*. Skalenie trójskośne mają je nachylone do siebie pod kątem nieco mniejszym niż 90° (około 85°) i stąd nazwa dla nich *plagioklazów*.

I. *Ortoklasy* ¹⁾ ($T. = 6$, c. w. = $2\cdot5-2\cdot6$). *Ortoklaz* *zwyczajny* jest najpospolitszym przedstawicielem skaleni, które tutaj należą. Jest to krzemian glinowo-potasowy ($K_2Al_2Si_6O_{16}$).

Krystalizuje się najczęściej w postaciach, jak na ryc. 36. a. Należą one do układu jednoskośnego. Z krawędzi słupa pionowego, T (∞P), wnosimy o położeniu osi głównej, Z, która jest do nich równoległa, tak jak dwuszcian podstawowy, C (oP),

Ryc. 36.



Kryształy ortoklazu.

T: ∞P ; M: $\infty P\infty$; C: oP; K: $P\infty$, Ryc. b — bliźniak.

wskazuje położenie obu osi bocznych X i Y, z których oś X leży w płaszczyźnie symetrii równoległe do oP, a oś Y czyli poprzeczna, stoi do niej i do osi Z prostopadle. Ściana M jest dwuszcianem podłużnym ($\infty P\infty$), będąc równoległą do osi podłużnej i do osi głównej, podczas gdy ściana K, równoległa tylko do osi poprzecznej, należy oczywiście do daszka poprzecznego ($P\infty$).

Ortoklaz zwyczajny jest zazwyczaj biały, szary lub czerwonawy. Odznacza się łupliwością doskonałą, według ścian oP i $\infty P\infty$.

Uwaga. Na ryc. 36. b widzimy kryształ ortoklazu tem szczególny, że tworzą go widocznie dwa osobniki, które się z sobą zrastają, a właściwie przerastają się wzajemnie. Kryształy tego rodzaju nie są wcale rzadkością, a oba osobniki znajdujemy w nich zawsze w takim samym względem siebie położeniu. Określimy to położenie, jeżeli wyobrazimy sobie na jednym z osobników ścianę $\infty P\infty$ i prostą, do niej prostopadłą, dokoła której trzeba go obrócić o 180° , aby przeszedł w położenie osobnika drugiego. Postać, która powstaje skutkiem takiego prawidłowego zrastania się, nazywamy

¹⁾ orthós (gr.), prosty; kláo (gr.), łamać, łupać.

bliźniakiem, owa oś obrotu nosi w takim razie miano „osi bliźniaczej“, a płaszczyzna do niej prostopadła, którą jest w naszym wypadku ściana $\infty P\infty$, nazywa się „ścianą bliźniaczą“ danego bliźniaka.

II. **Plagioklasy** ¹⁾ ($T. = 6$, c. w. $= 2.6-2.7$). Do tego działu skaleni należy czysty krzemian glinowo-sodowy, zwany *albitem* ²⁾, krystalizujący się tak samo krzemian glinowo-wapniowy, t. zw. *anortyt* ³⁾, i krzemiany, będące mieszaniną krzemianu albitowego i anortytowego, mianowicie bogaty w sód *oligoklaz* ⁴⁾ i przeważnie wapniowy *labrador* ⁵⁾. Wszystkie plagioklasy krystalizują się w układzie trójskośnym.

Grupa łyszczyków.

28. Zaliczamy tu krzemiany glinu i potasu lub innego potasowi pokrewnego pierwiastka, często z dodatkiem krzemianów magnezu i żelaza, a zawsze z pewną ilością wody chemicznie związanej. Łyszczyki krystalizują się w ukl. jednoskośnym w mniej lub więcej wyraźnych, sześciobocznych kryształach tabliczkowatych (por. ryc. 37.) lub słupkowatych, okazujących wielkie podobieństwo do postaci heksagonalnych. Szczególnie charakterystyczną dla minerałów tej grupy jest doskonała łupliwość według ściany oP i, co za tem idzie, silny na tej ścianie połysk.

Muskowit ⁴⁾, albo **łyszczyk potasowy** lub **mika** ⁷⁾ **potasowa** ($T. = 2-3$, c. w. $= 2.7-3.1$) jest wodnym krzemianem (wodorokrzemianem) glinowo-potasowym, $H_2KAl_3Si_3O_{12}$, ogrzewany w rurce zamkniętej wydziela oczywiście H_2O . Rzadko znajduje się w wyraźnych kryształach jednoskośnych postaci sześciobocznych tabliczek (por. ryc. 37.), zwykle w nieregularnych blaszkach lub płytkach. Jest prawie bezbarwny, nieco żółtawy albo z lekka brązowy skutkiem małej domieszki żelaza; na ścianach doskonałej łupliwości (oP) posiada silny połysk, a w niezbyt grubych płytkach okazuje częstokroć doskonałą przezroczystość wobec promieni świetlnych (por. str. 29., dośw. 8.). W cienkich blaszkach odznacza się znaczną sprężystością.

Ryc. 37.



Kryształ biotytu.

$S: \infty P; B: \infty P\infty; C: oP$

Biotyt ⁸⁾, inaczej **meroksen**, czyli **łyszczyk magnezowy** lub **mika magnezowa** ($T. = 2-3$, c. w. $= 2.8-3.2$), jest wodnym krzemianem (wodorokrzemianem) glinu, magnezu, żelaza i potasu. Odznacza się zazwyczaj w przeciwstawieniu do muskowitu — barwą ciemno-brązową lub ciemno-zieloną, czasem prawie czarną, zależnie od większej lub mniejszej zawartości żelaza. Pod wpływem czynników działających chemicznie, rozkłada się daleko łatwiej, aniżeli muskowit.

Minerałem zbliżonym do łyszczyków jest *chloryt* ⁹⁾, wodny krzemian glinu, magnezu i żelaza. Zwykle w skupieniach łusczkowatych barwy zielonej, odznacza się, jak łyszczyki, doskonałą łupliwością w jednym kierunku i w związku z tem silnym połyskiem. Często barwik zielony nadwietrzających skał wybuchowych.

Grupa piroksenowo-amfibolowa.

29. Tworzą ją krzemiany przedewszystkiem magnezowo-żelazowe, które zazwyczaj zawierają jeszcze wapń i glin, a krystalizują się głównie w ukl. jednoskośnym. Szczególnie charakterystyczna dla nich łupliwość według ścian ∞P . Jak skaleni, rozkładają

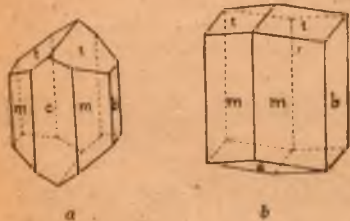
¹⁾ plāgios (gr.), ukośny i kláo j. w. ²⁾ albus (łac.), biały. ³⁾ anorthós (gr.), nie prosty (łupiący się nie pod kątem prostym). ⁴⁾ oligós (gr.), mało; kláo j. w. (łupiący się mniej doskonale). ⁵⁾ Od nazwy półwyspu Labrador. ⁶⁾ Moscovia (łac.), Moskwa; vitrum moscoviticum, szkło moskiewskie (Kluk) etc. ⁷⁾ micare (łac.), połyskiwać. ⁸⁾ Od nazwiska francuskiego fizyka Biota. ⁹⁾ chlorós (gr.), zielony.

się w przyrodzie pod działaniem chemicznem wody, dają początek kaolinowi, tak minerały grupy piroksenowo-amfibolowej tworzą w takim razie nierzadko chloryt, biotyt lub talk.

Główną różnicę między rozmaitymi piroksenami (n. p. augity) z jednej, a amfibolami z drugiej strony stanowi odmienna postać słupów, a w związku z tem nieco odmienna łupliwość, równoległe do ich ścian. Pierwsze z nich krystalizują się w słupach o rozwartości krawędziowej 87° i 93° i łupliwość okazują równoległą do ścian takiego słupa, drugie odznaczają się rozwartością krawędziową słupów $124\frac{1}{2}^{\circ}$ i $55\frac{1}{2}^{\circ}$ z odpowiednią łupliwością.

Pirokseny ¹⁾ (T. = 5—6, c. w. = 3—3·5). *Augit* ²⁾ zwyczajny jest krzemianem Mg, Fe, Ca i Al z dodatkiem Na; krystalizuje się w postaciach,

Ryc. 38.



jak na ryc. 38. *a*. Ściana *m* należy do słupa ∞P , ściany *b* i *c* są dwuscianami ∞P^{∞} i ∞P^{∞} , litera *t* oznacza ściany piramidy, *P*. Augit zwyczajny jest najczęściej brunatny lub prawie czarny. Łupliwość ma wyraźną, równoległą do ścian *m*, o rozwartości krawędziowej 87° i 93° .

Amfibole ³⁾ (T. = 5·5, c. w. = 2·9—3·3). *Amfibol zwyczajny*, ze składu chemicznego podobny do augitu, znajduje się najczęściej w kryształach, jak na ryc. 38. *b*.

Ściana *d* przedstawia daszek poprzeczny.

Znacznie większa rozwartość krawędziowa między ścianami słupa *m* ($124\frac{1}{2}^{\circ}$ i $55\frac{1}{2}^{\circ}$), tudzież łupliwość doskonała równoległa do tych ścian, pozwala łatwo odróżnić amfibol od augitu, chociaż oba minerały są zresztą do siebie bardzo podobne.

Odebrnym gatunkiem jest *aktynolit* ⁴⁾, krystalizujący się w postaciach wydłużonych, iglastych, barwy zielonej. *Amfibolowy azbest* ⁵⁾ czyli *amiant* ⁶⁾ jest włóknistą odmianą aktynolitu; odznacza się jednak kruchością swych włókien, dlatego nie daje się tak użyć, jak azbest serpentynowy.

Grupa oliwinowa.

30. Oliwin ⁷⁾ (T. = 6·5—7, c. w. = 3·2—3·6), najważniejszy przedstawiciel minerałów tej grupy, jest krzemianem magnezu i żelaza $(MgFe)_2 SiO_4$. Krystalizuje się w ukł. rombowym, jak na ryc. 39., jest barwy zielonawej, czasem żółtej lub brunatnej. T. nieco większa, niż ortoklazu. C. w. niezbyt wielki. Kwas solny rozkłada go, wydzielając krzemionkę.

Ryc. 39.



Kryształ oliwinu.
n: ∞P ; M: ∞P^{∞} ;
T: ∞P^{∞} ; e: P;
d: P^{∞} ; k: P^{∞} ;
p: oP.

Oliwin, przeobrażając się w przyrodzie, tworzy serpentyn. Znajduje się w rozmaitych skałach wybuchowych i jest charakterystycznym składnikiem wielu *meteorytów* ⁸⁾.

Pytania i doświadczenia.

1. Ile ścian piramidy jednoskośnej znajduje się na kryształach augitu i amfibolu?
2. Czy piramida krystalograficzna musi być postacią zamkniętą, czyli ograniczać przestrzeń z wszystkich stron, jak na kryształach siarki?
3. W jaki sposób stosunki symetrii, właściwe kryształowi siarki, są przyczyną, że ściana piramidalna musi się powtórzyć na tym kry-

¹⁾ pyr (gr.), ogień; xénos (gr.), obcy, ponieważ w mniemano, że tylko przypadkiem znajduje się w skałach wybuchowych. ²⁾ augé (gr.), połysk. ³⁾ amphibólos (gr.), dwuznaczny, trudny do odróżnienia. ⁴⁾ aktis (gr.), promień; lithos (gr.), kamień. ⁵⁾ asbestos (gr.), niedający się spalić. ⁶⁾ amiantos (gr.), czysty, nieskalany. ⁷⁾ Od barwy oliwkowo-zielonej. ⁸⁾ meteoros (gr.), unoszący się w powietrzu.

sztale aż 8 razy i dlaczego ściana taka sama powtarza się tylko 4 razy na kryształach augitu i amfibolu?

4. Czy piramidy a i c na ryc. 18. są postaciami prostymi czy kombinacjami? He-
ścian tworzy piramida trójskośna wobec tego, że posiada tylko centrum symetrii?

5. Ilu ścianami musi wystąpić daszek poprzeczny na kryształach siarki, a ile ścian
okazuje na kryształach ortoklazu lub amfibolu i dlaczego?

6. Jakich znaków używamy w symbolach układu jednoskośnego dla osi podłużnej
i poprzecznej? (Porówn. o ortoklazu na str. 26. i o augicie na str. 28.).

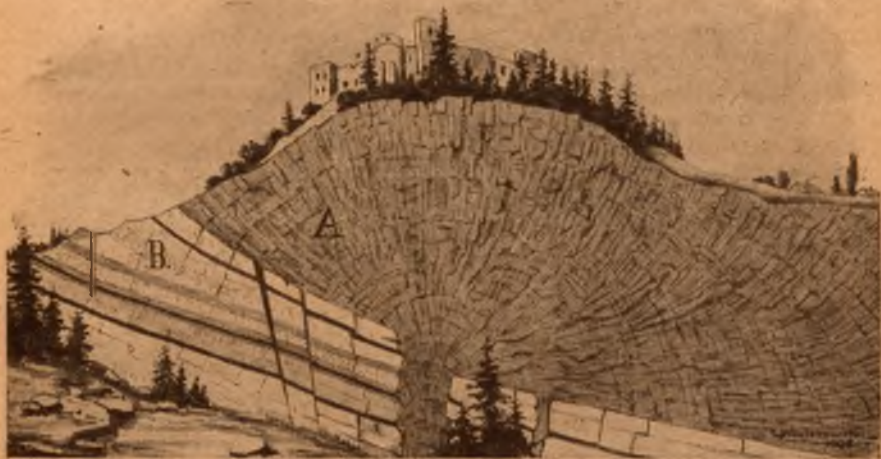
7. Prócz nachylenia ścian co jeszcze wpływa na kształt kryształu, decydując o ilości
ścian i ich rozmieszczeniu?

8. Odłupmy z sześcianu soli płytkę jak największą, grubości paru centymetrów. Je-
żeli ustawimy rękę w odpowiedniej odległości nad niebieskim płomieniem palnika gazo-
wego, uczujemy natychmiast ciepło, które pomniejszy się nieznacznie, skoro wsuniemy
między rękę i palnik odłupaną płytkę soli, a dość wyraźnie po zastąpieniu soli tafelką
szklaną. Weźmy jednak zupełnie cienką blaszkę bezbarwnej miki i przegrodźmy nią od
dłoni płomień gazu, a nie uczujemy ciepła zupełnie. Jak to wytłómaczysz?

O skałach wybuchowych.

31. Wybuchowe skały, złożone głównie z minerałów dopiero co
opisanych, powstają, jak już wiemy, z magmy ostygłej i zakrzepłej. Doby-
wając się z głębi szczelinami w skorupie ziemskiej, tworzą one „żyły skal-
ne“ lub większe masy, zwane „pniami“, a przytem oczywiście nie oka-
zują takiego uwarstwienia, jakie widzimy na piaskowcach, wapieniach

Ryc. 40.



Przekrój przez górę z ruinami zamku Tenczyńskich w Rudnie pod Tenczynkiem (Krakowskie).
 A — skała wybuchowa, zwana nielafirem; B — warstwy piaskowców i łupków ilastych z wtłaco-
nymi pokładami węgla kamiennego. (Według F. Bartoneca).

i t. p., osadzonych w wodzie (por. ryc. 40.). Stąd nazywają je także
skałami masowymi.

Czasem dzielą się słupowo lub płytowo, jest to jednak zawsze
następstwem dopiero późniejszych wpływów — stygnięcia skały, kurcze-
nia się i t. p. Bazalty, tworzące t. zw. grootę Fingala na wyspie Staffa,

przedstawiają powszechnie znany przykład słupowej oddzielności skały wybuchowej; u nas można to widzieć n. p. na bazalcie w okolicy Równa (ryc. 44.).

Skały wapienne, gliniaste i t. p. skutkiem zetknięcia się z wybuchową masą ognisto-ciekłą ulegają przepaleniu i wpływowi chemicznym rozmaitych gazów, które magma zawiera w wielkiej ilości. To też widzimy, jak zwyczajne wapienie zmieniają się w takim razie w ziarniste marmury, a skały gliniaste w twarde i zbite „jaspisy porcelanowe”. Zrozumiałą jest rzeczą, że takiemu „kontaktowi”¹⁾ towarzyszy nieraz powstanie w pasie zetknięcia licznych i pięknych minerałów, n. p. granatu, pewnych piroksenów, turmalinu i t. p.

32. Podział skał wybuchowych opiera się przedewszystkiem na ich własnościach chemicznych, a w związku z tem na złożeniu mineralogicznem, tudzież na właściwej im budowie.

Złożenie mineralogiczne tych skał jest bardzo rozmaite, jakkolwiek tworzą je przeważnie tylko pewne krzemiany, czasem z krzemionką wydzieloną prócz tego oddzielnie, jako kwarciec. Stwierdzono przytem, że obecność niektórych minerałów w skałach wybuchowych pozostaje zawsze w związku ze znajdowaniem się innych, lub naodwrot pewne składniki mineralne wykluczają się wzajemnie; n. p. w skałach bogatych w SiO_2 kwarcom towarzyszą skalenie bogate w krzemionkę (ortoklaz, czasem albit, oligoklaz), a oliwin, właściwy skałom ubogim w SiO_2 , wyklucza dlatego obecność krzemionki wolnej. Oczywiście przyczyną rozmaitego złożenia mineralogicznego skał wybuchowych jest przedewszystkiem rozmaite *złożenie chemiczne* samej magmy. Jeżeli magma wybuchowa zawiera dużo krzemionki, a mało związków żelaza i podobnych, to w takim razie nazywa się kwaśną i mogą się z niej tworzyć skały, które zawierają nie tylko jasne krzemiany, jak skalenie, muskowit i t. p., ale i wolną krzemionkę w postaci kwarcu. W przeciwnym wypadku określa się ją jako zasadową; skały powstające z takiej magmy nie posiadają krzemionki wolnej, okazują zato dużą ilość ciemnych krzemianów żelaza i magnezu, n. p. amfibol, augit, oliwin, prócz tego często magnetyt, Fe_3O_4 , a niekiedy nawet żelazo rodzime. Skały kwaśne i zasadowe różnią się zatem nawet barwą już na pierwszy rzut oka, pierwsze bowiem są jasne, drugie ciemne; niemniej także charakteryzuje je ciężar właściwy, gdyż skały zasadowe są stosunkowo ciężkie (gęstość ich dochodzi, a nawet przekracza 3), podczas gdy kwaśne bywają znacznie lżejsze (gęstość około 2-75).

Co się tyczy *budowy* skał wybuchowych, to zazwyczaj jest ona mniej lub więcej krystaliczna, t. j. składniki skalne przedstawiają się jako oddzielne kryształy lepiej lub gorzej wykształcone. Należy wszakże pamiętać, że może być ona rozmaita, co zależy od warunków, wśród których dana magma krzepła, od szybkości, z jaką proces ten postępował i t. p. Łatwo przekonać się na dzisiejszych lawach, że, jeżeli stygną zwolna, naówczas masa ich staje się rzeczywiście w stopniu mniejszym lub większym „ziarnista”, a każde ziarno przedstawia kryształ jakiegoś minerału (taką budowę okazuje typowo n. p. granit, ryc. 41.); ale w wypadku, kiedy proces stygnięcia odbywa się bardzo szybko, n. p. na powierzchni strumienia lawy, kryształy nie mogą się wydzielić i skała przybiera budowę „szklistą”. Często także zdarzają się skały wybuchowe, które posiadają bardzo drobno-krystaliczną, pozornie jednostajną czyli zbitą masę zasadniczą i dopiero wśród niej większe kryształy roz-

¹⁾ contactus (łac.), zetknięcie.

zruczone. Spostrzegamy to najlepiej na t. zw. porfirach i budowę tę nazywamy dlatego „porfirową“ (por. ryc. 43.). Widocznie owe dobrze wykształcone t. zw. „prakryształy“ wytworzyły się, kiedy magma wybuchowa była jeszcze zupełnie ciekła i dopiero później, skutkiem szybkiego skrzepnięcia jej powstała masa zasadnicza skały, czyli t. zw. „ciasto skalne“. Wybuchowe skały, które rozlały się na powierzchni ziemi, zwykle posiadają przy budowie porfirowej w swoim cieście skalnym więcej lub mniej masy szklistej, takie zaś, które powstały z magmy, krzepnącej w głębi skorupy ziemskiej, zwolna i pod znacznym ciśnieniem, okazują budowę ziarnistą bez szkliwa.

Nauka, która zajmuje się badaniem i opisem wszystkich skał wogóle, nazywa się *petrografią*¹⁾.

Rozróżnia się pośród skał wybuchowych, zależnie od natury magmy danej skały, szereg rodzin naturalnych, z których każda obejmuje skały o zbliżonych własnościach chemicznych i podobnem złożeniu mineralogicznem. W obrębie poszczególnych rodzin określa się je jako „plutoniczne“, inne jako „wulkaniczne“. Pierwsze z nich powstały z magmy krzepnącej w głębi skorupy ziemskiej; drugim dała początek magma, która dobyteła się na powierzchnię.

Rodzina granitu.

33. Granit²⁾. To miano noszą skały wybuchowe plutoniczne, a więc o budowie krystalicznie ziarnistej, złożone z ziarn kwarcu, ortoklazu (dodatkowo także plagioklazu), tudzież z blaszek biotytu i muskowitu (por. ryc. 41.). Są to skały bardzo kwaśne, zwykle barwy mniej lub więcej jasnej, szarej lub czerwonawej.

Prócz granitów, które krzepły w głębi skorupy ziemskiej w potężnych pniach lub żyłach, widzimy je nieraz niby fundament pod skałami osadowymi na przestrzeni wielu

Ryc. 41.



Granit w cieniutkiej płytce, oglądany przez mikroskop. Ziarna postaci wyraźnych kryształów, nieco zmętniałe — ortoklaz i plagioklaz; partye zupełnie bezbarwne, o silniejszych konturze — kwarciec; partye zakreskowane — blaszki biotytu.

Ryc. 42.



Tatry w przekroju (profilu) geologicznym. 1 — granity; 2 — gnejs; 3—8 — rozmaite skały osadowe.

tysięcy kilometrów kwadratowych lub jako jądra całych łańcuchów i systemów górskich. Rozległe obszary zajmują granity na półwyspie Skandynawskim, w Finlandyi, w Czechach,

¹⁾ pétra (gr.), skała; grápho (gr.), piszę, opisuję. ²⁾ granum (łac.), ziarno.

na Wołyniu i Ukrainie (ukraińska płyta granitowa, „porohy“ dniewrowe), — jak wiadomo — granitowym jest także środkowy trzon Tatr (por. ryc. 42.), po części Alp i wielu innych systemów górskich.

Porfir kwarcowy¹⁾. Nazywamy tak wulkaniczne skały wybuchowe często barwy czerwonej, o składzie chemicznym i mineralogicznym, jak

Ryc. 43.



Porfir kwarcowy, oglądany w cienkiej płytce przez mikroskop. Część delikatnie zakropkowana — ciasto skalne; w niem rozrzucone prakryształy: nieco zmętniałe — skałenie, bezbarwne — kwarciec, zakreskowane — płatki biotytu.

jest w bardzo wysokim stopniu gąbczasty.

granitu, które mają jednak budowę porfirową, składając się ze zbitego ciasta skalnego kwarcowo-skaleniowego i wydzielonych prakryształów ortoklazu, kwarcu i ły-szczyku (por. ryc. 43.).

Klasycznym krajem porfirów jest południowy Tyrol; u nas spotykamy je w Krakowskim (Miękinia, Żalas i t. d.), gdzie dostarczają materiału na kostki brukowe. n. p. dla Krakowa i Lwowa. Skałą pokrewną jest *liparyt*, zawierający w cieście skalnem nieraz dużo szkliwa.

Kwaśne (liparytowe) smołowce, obsydiany i pumeksy przedstawiają się jako masa szklista, bez wydzielonych w niej kryształów: ze względu na swój skład chemiczny nie różnią się od liparytu, porfiru kwarcowego i t. p. *Pumeks* odznacza się lekkością, ponieważ

Rodzina syenitu.

Syenit²⁾, często barwy ciemno-czerwonej, składa się przedewszystkiem z kryształów ortoklazu i amfibolu bez kwarcu, gdyż jest słabiej kwaśny, niż granit; budowa jego ziarnista, jest bowiem skałą plutoniczną.

Towarzyszy nieraz granitom, ale znajduje się zwykle w masach dużo mniejszych.

Trachit³⁾ przedstawia skały zazwyczaj barwy szarej i szorstkie w dotknięciu. Wśród skalnego ciasta, głównie ortoklazowego, po części szklistego, widzimy wydzielone obficie prakryształy ortoklazu i rzadziej rozrzucony amfibol (tudzież drugorzędnie plagioklaz z biotytem).

Trachity są skałami pospolitemi, występując na znacznych przestrzeniach i w bardzo wielu miejscach, między innemi w północnych Węgrzech, w Owernii (Auvergne) i t. d. *Trachitowe smołowce, obsydiany* i t. p. (słabo kwaśne) towarzyszą nieraz tej skale.

Rodzina diorytu.

Prócz plutonicznego *diorytu*, złożonego z ziarn przedewszystkiem plagioklaz i amfibolu, należy tu między innymi wulkaniczny *andezyt*⁴⁾, który składa się z prakryształów tych samych minerałów wśród amfibolowo-plagioklazowego ciasta skalnego z pewną zawartością szkliwa.

Andezyty znajdują się w licznych punktach w Pieninach — koło Szczawnicy, Czorsztyna i t. d. (por. mapkę geolog. na końcu książki).

¹⁾ Od czerwonej barwy, właściwej wielu porfirom; porphyra (gr.), purpura. ²⁾ Od miejscowości Syene (Assuan) w Egipcie. ³⁾ trachys (gr.), szorstki. ⁴⁾ Od gór Andów.

Razem z andezytami spotyka się *obsydiany*, *smołowce*, *pumeksy andezytowe*.

Rodzina skał gabrowych.

Skały wulkaniczne tej rodziny przedstawia bazalt z melafirem i diabazem.

Bazalt (w pewnych odmianach zwany *dolerytem* i *anamezytem*). Pod tą nazwą wyróżnia się młode, silnie zasadowe skały barwy czarniawej, o budowie porfirowej, na oko często prawie zbite. Głównymi składnikami bazaltu są labrador, augit, oliwin, magnetyt (por. § 80.).

Jest to skała bardzo rozpowszechniona, używana często na kostki brukowe i wogóle do budowy dróg. U nas rzadka, znajduje się tylko tu i ówdzie na Śląsku i na Wołyniu, na półn. od Równa. Bazalty okazują bardzo często własność słupowej oddzielności, jak to widzimy właśnie na anamezytach wołyńskich (por. ryc. 44.).

Zbliżone do bazaltu *diabazy* i *melafiry* znajdują się u nas w ziemi Krakowskiej koło Krzeszowic (Tenczynek, ryc. 40.) i Alwernii.

Zasadowe (bazaltowe) smołowce, obsydiany i t. d. zamykają szereg skał, tworzących tę rodzinę.

Do skał plutonicznych, pokrewnych z rodziną *gabra*, należy piękny, ciemny *labradoryt*, znajdujący się na Wołyniu w okolicy Żytomierza i t. d. Plagioklazem jest w nim mieniający się labrador.

Inną skałą pokrewną *cieszyńit* w Karpatach śląskich. (Porównaj mapę na końcu książki.)



Bazalt, dzielący się słupowo, w Berestowcu koło Równa, na Wołyniu. (Według rysunku w warszawskim Pamiętniku lizyograficznym).

Ryc. 44.

Rodzina skał oliwinowych.

Perydotyty¹⁾ (skały oliwinowe) przedstawiają typ skał najbardziej zasadowych, albowiem składając się przeważnie tylko z oliwinu i minerałów pokrewnych z augitem. Są one dość rzadkie na powierzchni kuli ziemskiej, a podobieństwo ich do niektórych meteorytów zasługuje na uwagę.

Meteoryty są to drobne ciała, które poruszają się w przestrzeniach międzyplanetarnych z bardzo znaczną szybkością; to też skoro dostaną się w obręb atmosfery ziemskiej, rozżarzają się skutkiem gwałtownego zagęszczania przed sobą powietrza i przedstawiają się wówczas jako t. zw. gwiazdy spadające. Rzeczywiście dostaje się na powierzchnię ziemi tylko część ich nieznaną: spadają mianowicie te, które ulegną sile przyciągania ziemskiego. Co do pochodzenia swego są to — być może — okruchy jakiejś planety.



Bryła meteorytu żelaznego (ciężar 5360 kg), znaleziona w Bendego w Brazylii.

Ryc. 45.

¹⁾ Perydot jest jedną z nazw dla oliwinu.

a wskazuje na to ich budowa i złożenie mineralogiczne. Pod tym względem jedne z nich bardzo przypominają ziemskie skały oliwinowe (t. zw. meteoryty kamienne), inne są złożone w znacznej części lub nawet wyłącznie z żelaza rodzimego (meteoryty żelazne; porównaj rycinę 45.) Oczywiście meteoryty żelazne można uważać za odpowiadające barysferze owej planety, której są okruchami, a kamienne byłyby w takim razie częściami jej litosfery.

34. Produkty wybuchowe dzisiejszych wulkanów przedstawiają się — jak wiemy (por. § 21—24.) — między innymi jako t. zw. **lawy**. Rozróżnia się zasadowe lawy bazaltowe, kwaśne — liparytowe lub trachitowe — i pośrednie pod tym względem lawy andezytowe, a często jeden i ten sam wulkan, w następujących po sobie okresach, wyrzucał najpierw jedne z nich, potem drugie. Wezuwiusz n. p. zbudował sobie naprzód trachitową podstawę, ale później dostarczał już samych law bazaltowych. Lawy wulkanów, stygnąc na powierzchni, mają często przy wielkiej obfitości szkliska strukturę hańczastą, a nawet gąbczastą. Przyczyną tego obfite w magmie gazy rozmaitego rodzaju (porówn. o gazach wulkanicznych na str. 21., § 22.).

Z popiołów wulkanicznych powstają z czasem skały, zwane **tufami**. Tufy tworzą wiele wulkanów dzisiaj czynnych (wulkany tufowe), zalegając prócz tego u ich stóp nieraz na ogromnych przestrzeniach. Tak samo znane są tufy w związku z wybuchami wulkanicznymi w ubiegłych epokach geologicznych. Stanowią one jakby przejście od skał wybuchowych do osadowych, materiały ich bowiem jest pochodzenia wybuchowego, ale powstają przez osadzanie się.

35. Od kilkudziesięciu lat wprowadzono użycie mikroskopu do badania skał rozmaitych. Pozwoliło to zapoznać się dokładnie z wielu szczegółami ich budowy i rzuciło światło na sposób tworzenia się ich składników mineralnych. W tym celu szlifuje się ze skały płytkę tak cienką, aby była zupełnie przezroczysta, i ogląda się ją pod mikroskopem; rozmaite szczegóły budowy danej skały i minerałów, które ją tworzą, można zauważyć w takich „szlifach“ bardzo wyraźnie. Ryc. 41. i 43. przedstawiają w przybliżeniu dwie skały oglądane w ten sposób.

Dokładne badania każdej ze skał, o których wyżej była mowa, pouczyły, że w większości wypadków tworzą je, prócz typowych i charakterystycznych składników, jeszcze rozmaite *składniki drugorzędne* albo *dotaddkowe*. Należą do nich apatyt, korund, o których będzie mowa później, i pewne krzemiany, którymi zajmujemy się obecnie.

Zadania i pytania.

1. Ze skały sporządza się *petrograficzny preparat do badania mikroskopowego* w następujący sposób. Z większego okazu odbija się młotkiem stalowym kawałek takiej wielkości, aby po wyszlifowaniu powstała płytka o powierzchni co najmniej jednego centymetra kwadratowego. Następnie na płycie kamienia trembowelskiego, a jeszcze lepiej na tafli stalowej, szlifuje się grubszym szmirglem jedną stronę odłupanego kawałka, trzymając go w palcach, dopóki nie powstanie powierzchnia zupełnie płaska. Wtedy gładzi się ją, najpierw na szkle matowym przy pomocy szmirglu zupełnie miękkiego, a następnie na matowej tafli samej; po wysuszeniu przykleja się szlifowany kawałek gładką powierzchnią do płytki szklanej. Do naklejenia używa się balsamu kanadyjskiego, który podgrzewa się na lampce spirytusowej. Z kolei ujmuje się w palce szkieleto i szlifuje się drugą stronę preparatu, dopóki nie zrobi się zupełnie przezroczysty, tak, że można przez niego czytać litery. Wtedy gładzi się tę stronę, jak już opisano, przenosi się płytkę na t. zw. szkieleto przedmiotowe i po zalaniu kroplą nadgrzanego balsamu kanadyjskiego, przykrywa się ją z wierzchu cieniutkiem, t. zw. przykrywkowym szkieletem tak, aby nie powstały bafki powietrza. Preparat, w ten sposób przygotowany, jest gotowy do oglądania przez mikroskop. (O szmirglu porówn. korund § 78.).

2. Wybierz u kamieniarza rozmaite próbki skał wybuchowych, używanych na pomniki i t. p. i zbadaj je pod mikroskopem, sporządzivszy z nich odpowiednie preparaty.

3. Postaraj się o okaz granitu i bazaltu, określ przy pomocy wagi hydrostatycznej, która z tych skał posiada większą ciężar właściwy, i podaj przyczynę tej różnicy.

4. Wytlómacz, w jakim związku pozostaje gąbczastość pumeksu ze sposobem i warunkami powstania tej skały.

5. Jakiemu składnikowi swojemu granity zawdzięczają barwę raz czerwoną, a innym razem szarą?

6. Jakito tlenek żelaza, rozsiany w postaci najdelikatniejszych cząstek, może barwić ciasto skalne porfirów na czerwono? Jaki krzemian, pokrewny łyszczykom, barwi czasem w podobny sposób (jako t. zw. barwik, a nie składnik) skały wybuchowe na zielonawo?

7. Co jest przyczyną barwy skał rozmaitych?

8. Wymień, które skały wybuchowe i gdzie znajdują się na ziemiach polskich.

Krzemiany, znajdujące się w skałach wybuchowych jako składniki dodatkowe.

Grupa topazu i grupa granatu.

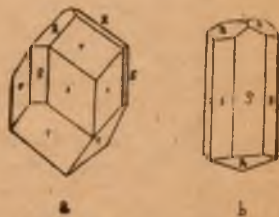
36. Do pierwszej grupy należy *topaz*, używany w niektórych odmianach, jako kamień ozdobny, do drugiej zalicza się *granat*, *beryl* i

Turmalin¹⁾. Skład chemiczny tego minerału bardzo zawity; prócz krzemionki zawiera glin (Al), bor (Bo), sód (Na), magnez (Mg), żelazo (Fe), wapń (Ca), potas (K), fluor (F), wodę związaną chemicznie i t. d. Krystalizuje się w układzie heksagonalnym (ryc. 46.). Bywa ciemno-brunatny, zielony, czasem niebieski lub czerwony, a nawet bezbarwny.

Turmalin znajdujemy w wielu skałach pierwotnych, n. p. w granitach, które w odmianie, odznaczającej się obecnością tego minerału, otrzymały nawet nazwę „granitów turmalinowych”. *Turmaliny szlachetne* przedstawiają się jako odmiany pięknie zabarwione niebiesko, zielono, czerwono. Zwykły turmalin ciemno-brunatny, prawie czarny, nosi nazwę *skorylu* (niem. Schörl.²⁾).

Heksagonalne kryształy turmalinu, postaci zazwyczaj wybitnie słupowej, odznaczają się tem, że na obu końcach ich osi głównej, Z, ukazują się ściany odmienne (por. ryc. 46.). Zjawisko to nazywamy *hemimorfizmem*³⁾.

Ryc. 46.



Kryształy turmalinu.

s i S: dwa rodzaje słupów:
R i r: rombościany; C: dwusieczian podstawowy.

Pytania i doświadczenia.

1. Jakie ściany widzisz na jednym, a jakie na drugim końcu danego kryształu turmalinu, względnie jego modelu? (Przypomnij sobie postać ukł. heksagonalnego, która ma sześć ścian, trzy u góry i tyleż u dołu).

2. Określ symetrię kryształów turmalinu i porównaj je pod tym względem z heksagonalną piramidą sześcioboczną i z rombościanem.

3. W jaki sposób stosunki symetrii, właściwe kryształom turmalinu, tłómaczą, że ściana rombościanu powtarza się na nich tylko 3 razy, u góry lub u dołu (por. ryc. 46. a), nie tworząc skutkiem tego postaci sześciściennej, jak na ryc. 23.

4. Ile klas poznałeś w układzie heksagonalnym?

5. Zawieś poziomo na nitce jedwabnej kryształ zwykłego turmalinu, niezbyt gruby, byle miał długość co najmniej 3 cm. Pod nim umieść w oddaleniu 1 do 1½ cm zwykłą blachę żelazną, którą ogrzewaj od spodu lampką spirytusową. Od blachy będzie się zwolna ogrzewał zawieszony kryształ i jeżeli zbliżysz do niego łaskę laku, potartą o sukno, to zauważysz, że jeden koniec kryształu jest przez nią przyciągany, drugi odpychany. Prąd powietrza, powstający skutkiem ogrzewania, nieraz przeszkadza doświadczeniu, ale możesz powtórzyć je po usunięciu blachy i lampki w czasie stygnięcia kryształu.

Z kryształem turmalinu ogrzewanym, jak wyżej, lub następnie stygnącym, możesz przeprowadzić jeszcze inne doświadczenie, posypując go przez sitko z gęstego muslinu bawełnianego proszkiem siarki zmieszanej z minią. Po zdmuchnięciu pyłu zauważysz, że jeden koniec kryształu pozostaje czerwony (minia), drugi jest żółty (siarka).

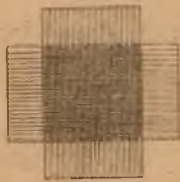
Jakich własności nabiera laska laku skutkiem pocierania jej o sukno i co można wnosić o stanie turmalinu ogrzewanego lub stygnącego, biorąc na uwagę opisane doświadczenie z lakiem? Minia elektryzuje się przez pocieranie dodatnio; jakie własności okazuje w takim razie siarka? Jak tłómaczysz w naszym doświadczeniu przytrzymywanie siarki przez jeden koniec kryształu, a minii przez drugi? Czy oba końce kry-

¹⁾ turmalis, nazwa cejlońska. ²⁾ Z szwedzkiego. ³⁾ Przyczepka hemi (gr.), dla oznaczenia połowy; morphé (gr.), postać.

ształu zachowują się tak samo podczas ogrzewania i stygnięcia kryształu? Co w opisanych zjawiskach pozostaje w związku oczywistym z hemimorfizmem kryształu turmalinu?

6. Weź dwie płytki wycięte z zielonego, przezroczystego turmalinu równolegle do osi Z i patrz przez nie do światła przy równoległym położeniu obu płytek (ich osi Z).

Ryc. 47.



Zauważysz, że światło dochodzi do oka bez przeszkody (ryc. 47. a). Jeżeli jednak płytki skrzyżujemy pod kątem 90° (ryc. 47. b), to stwierdzimy, że część, gdzie się wzajem nakrywają, nie przepuszcza światła zupełnie. Dzieje się tak, ponieważ promienie, które przeszły przez pierwszą płytkę, uległy pewnym zmianom, jak mówimy, spolaryzowały się, skutkiem czego druga płytka, skrzyżowana z pierwszą, stała się dla nich nieprzezroczystą.

Ryc. 48.



Szczypczyki turmalinowe.

7. Postaraj się o t. zw. szczypczyki turmalinowe (ryc. 48.), względnie sporządź sobie sam ten aparacik, oprawiając dwie płytki turmalinu, wycięte, jak opisano wyżej, w taki sposób, aby dały się obracać. Jeżeli wsuniesz między nie tafelkę kalcytu, wyciętą prostopadłe do osi głównej i zbliżysz szczypczyki do samego oka, to zobaczysz obraz barwnych pierścieni spółśrodkowych, przeciętych to czarnym, to jasnym krzyżem, w miarę, jak obracasz jedną płytkę, tak, że jest równoległa lub krzyżuje się z drugą (por. dośw. 6.). Płytki z kryształów innych układów odpowiednio wycięte, z wyjątkiem układu równoosiowego, dają barwne obrazy przeważnie odmienne, ale dla większości układów charakterystyczne.

Ó wodzie, chemicznem działaniu wody na skorupę ziemi i o powstawaniu źródeł.

37. Pierwotnie, kiedy kula ziemską posiadała jeszcze wysoką temperaturę, woda znajdowała się w postaci pary w atmosferze; skoro jednak z czasem skropliła się i opadła, utworzyła na ziemi zbiorniki wody stojącej — morza i jeziora — i dała początek strugom wody płynącej, t. j. potokom, strumieniom i rzekom. Parując z kolei, skutkiem działania ciepła słonecznego, woda dostaje się znowu do naszej atmosfery, skąd opada jako deszcz lub nieraz skrzepła w postaci gradu i śniegu. W ten sposób dzięki energii, wysyłanej w postaci promieni ciepła przez słońce, krąży ona ciągle między litosferą i atmosferą.

Ilość opadów atmosferycznych w danej miejscowości i w pewnym przeciągu czasu mierzy się grubością warstwy wody, jakaby z nich powstała, gdyby woda nie wsiąkała w głąb ziemi, nie spływała i nie parowała natychmiast. U nas wynosi ona rocznie około 700 mm, to znaczy woda opadów mogłaby w ciągu roku pokryć ziemię warstwą tej grubości. W krajach tropikalnych opady są bez porównania obfitsze, wynoszą bowiem rocznie do 10 m. Obliczono, że wogóle w ciągu roku spada na powierzchnię lądu około 122.500 km³ wody w postaci deszczu, śniegu i t. p.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę tylko te opady, które dostają się na powierzchnię lądu suchego, to zobaczymy, że część ich wody skutkiem parowania wraca napowrót do atmosfery, zanim może wsiąknąć w głąb lub połączyć się z wodą rzek i potoków, i tylko reszta pozostaje na ziemi; z tej zaś pewna ilość spływa, zasilając strumienie i rzeki, część zużywa wegetacja, a pozostała reszta przenika w głąb skorupy ziemskiej, wracając z czasem znowu na powierzchnię w postaci wody źródlanej.

Woda opadów atmosferycznych, która przechodzi takie rozmaite koleje, styka się podczas tego ciągle z rozmaitemi ciałami mineralnemi, które tworzą skorupę ziemi, i po części rozpuszcza je, a wogóle działa na nie chemicznie.

38. Woda czysta roztwarza wprost i w całości tylko niektóre minerały, n. p. sól, gips i t. p., działa zaś chemicznie na większość minerałów w nieznacznym stopniu. Zabiera jednak zawsze z powietrza tlen i kwas węglowy atmosferyczny, a przesiąkając przez warstwy powierzchniowe, na których wzrasta cała wegetacja ziemi, pochłania i stamtąd wiele tego kwasu (CO_2), powstającego skutkiem gnicia i butwienia resztek roślinnych. Wzbogacona zaś w ten sposób w bezwodnik węglowy i zawierając tlen powietrza, nabiera zdolności *działania chemicznego* na cały szereg skał i ich składników mineralnych, które rozkłada, przeobraża, a następnie przynajmniej w części rozpuszcza. Jeżeli się zetknie w takim razie n. p. z ortoklazem, krzemianem glinowo-potasowym, wchodzącym — jak wiemy — w skład bardzo wielu skał pospolitych, rozkłada ten minerał na krzemian glinowy, z którym się nawet częściowo łączy chemicznie, tworząc kaolin czyli glinę porcelanową, a równocześnie unosi potas, jako rozpuszczalny węglan potasowy, i pewną ilość rozpuszczonej krzemionki. Podobnie, jak ortoklaz, rozkładają się w takim razie i inne skalenie.

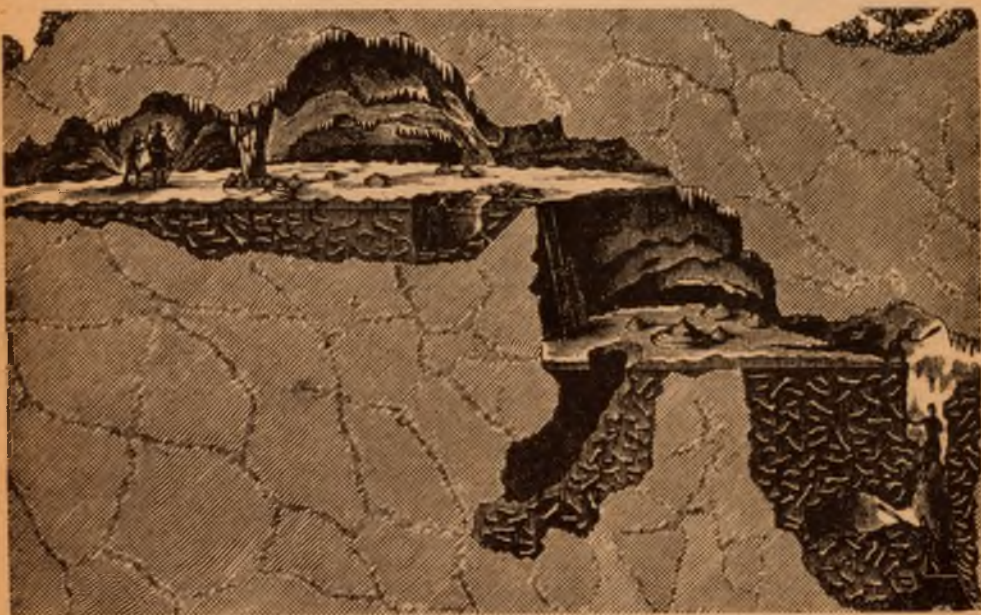
Związki mineralne, które woda, krążąca w głębi, rozpuściła, mogą następnie skutkiem utraty kwasu węglowego lub t. p., znowu osadzić się gdzie indziej, n. p. w wolnych przestworach wśród warstw piaszczystych, tworząc w tym wypadku „lepiszcze“ czyli „spoiwo“ skały i zmieniając luźny piasek w zwiezły piaskowiec, albo innym razem gromadząc się w większych szczelinach i próżniach, częstokroć w postaci pięknych kryształów. Czasem minerały tworzą się, dzięki działaniu wody, przez zetknięcie się za jej pośrednictwem w głębi ziemi takich ciał, które z osobna roztwarzają się, razem zaś dają początek nowemu związkowi chemicznemu nierozpuszczalnemu.

39. Wogóle woda, jako *geologiczny czynnik chemiczny*, powoduje zjawiska nader rozmaite. Prócz tego, że przeobraża minerały litosfery, odgrywa jeszcze doniosłą rolę w procesach geologicznych, skutkiem swej zdolności rozpuszczania pewnych składników skorupy ziemskiej. W następstwie tego rozszerza pod powierzchnią ziemi szczeliny i próżnie, które zastała, i tworzy w ten sposób nieraz całą sieć podziemnych grot i korytarzy, jak n. p. jaskinie Ojcowskie lub Bialskie pieczary w Tatrach wśród skał wapiennych, a pośród gipsów groty w Bilezu nad Seretem lub w Krzywcy koło Borszczowa (por. ryc. 49.). Z drugiej strony woda unosi materiał, który roztworzyła, dalej i osadza w spotkanych szczelinach i przestworach. To też mówimy o jej chemicznem działaniu raz niszczącym, to znowu twórczem.

Powstawanie grot podziemnych skutkiem rozpuszczającego działania wody krążącej w głębi, wywołuje nieraz znaczne zmiany na powierzchni ziemi i cały szereg zjawisk ciekawych i charakterystycznych. Jeżeli w wielkich jaskiniach podziemnych zawali się sklepienie, to zazwyczaj następstwem tego zapadanie się ziemi na powierzchni i tworzenie się n. p. na Podolu t. zw. „wertebów“. Czasem nawet trzęsienie ziemi może powstać skutkiem zawalenia się rozległych i obszernych grot podziemnych (*trzęsienia ziemi zapadliskowe*). Kras w Krainie jest typowym miejscem rozmaitych przejawów tego rodzaju, zwanych dlatego „zja-

wiskami krasowymi". Należy do nich obecność w Krasie prawie na każdym kroku t. zw. „dolin“, podobnych do wvertebów naszych, dalej nagłe znikanie całych potoków w podziemnych czeluściach, wielkie i liczne strumienie, płynące siecią groć podziemnych, wreszcie szczególne źródła, tryskające olbrzymią masą wody z podziemnych jaskiń, istnienie charakterystycznych dolin ślepo zamkniętych, które w pewnych porach roku zamieniają się na jeziora i t. p. Spotykamy się z zjawiskami krasowymi tam, gdzie są silnie rozwinięte pokłady wapienne (Kras) lub, jak na Po-

Ryc. 49.



Przekrój pionowy przez cały system groć podziemnych w Gallenreuth w Bawarii.

dolu, gipsowe, szczególnie łatwo ulegające działaniu rozpuszczającemu wody.

40. Przenikanie wody do miejsc coraz głębszych odbywa się w dwójaki sposób; wprost, o ile skała jest przepuszczalna z powodu swej porowatości, lub szczelinami, które znajdują się w skałach skutkiem ich popękania. Właściwie niema warstw zupełnie nieprzenikliwych dla wody. To też kawałek każdej skały, pochodzący z głębi ziemi, zawiera zawsze pewną ilość wilgoci. Są jednak pokłady, które przepuszczają wodę bardzo trudno, n. p. zbite, a niepopękane wapienie, lub nawet takie, które są dla niej zupełnie nieprzepuszczalne, skoro raz nasiąkną wodą, jak warstwy ilowe, margle i t. p.

Oczywiście woda przesiąka tak głęboko, aż trafi na jakąś skałę nieprzepuszczalną, jak glina, ił lub łupek ilasty. Wówczas w tem miejscu zatrzymuje się w głębi ziemi, przepajając warstwy przesiąkliwe, a odpowiednio do tego, czy ma odpływ dalej — w kierunku poziomym — mniej czy też więcej ułatwiony, albo tworzy większe zbior-

niki, lub też od razu spływa dalej. Odpływ takiej wody, zwanej *gruntową*, ułatwia nieraz ta okoliczność, że warstwy skorupy ziemskiej są rozmaicie połańdowane i nachylone, woda może zatem łatwo spływać po nieprzepuszczalnym pokładzie w stronę jego upadu. Jeżeli zaś skały przepojone wodą wychodzą na powierzchnię we wcięciu tworzącem dolinę, jak na ryc. 50., to w takim razie powstaje źródło (*dolinowe* albo *warstwowe*).

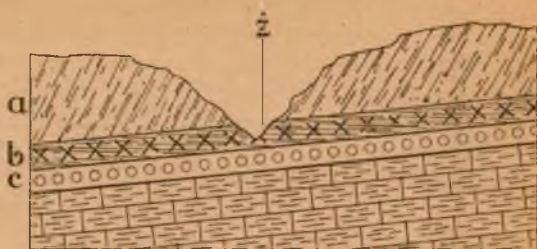
Może ona jednak powracać na powierzchnię ziemi także i w inny sposób. Czasem dzieje się, jak na ryc. 51. Woda przesiąka drobniejszymi szczelinami daleko w głąb skorupy ziemskiej, zbiera się tam w jednej obszerniejszej szczelinie i następnie skutkiem ciśnienia hydrostatycznego (jak w naczyniach zespolonych) podpływa nią do góry, tryskając w miejscu, oznaczonem literą S (*źródło szczelinowe*).

Kopiąc *studnie*, staramy się dojść do warstwy przepojonej wodą, czyli t. zw. „warstwy wodnej”. Z chwilą, kiedy się w niej zagłębimy, poczyną woda gruntowa napływać, wypełniając studnię do tego poziomu, do jakiego sięga w warstwie, którą przepaja (ryc. 52.). Gdybyśmy w takim razie przebili nie tylko warstwę wodną, ale także znajdujący się pod nią pokład nieprzepuszczalny, to naówczas woda uciekłaby w głąb całkowicie.

W t. zw. *studniach artezyjskich* otrzymuje się wodę, która sama tryska na powierzchnię nieraz z znacznej głębokości. Warstwa wodna jest w takim razie zawsze zamknięta między dwiema warstwami nieprzepuszczalnymi i przy ich niekawatem ułożeniu wychodzi na powierzchnię w miejscu położonem wyżej, niż sama studnia (por. ryc. 170.). Woda, znajdująca się pod ciśnieniem hydrostatycznym, musi po przebicie górnej warstwy nieprzepuszczalnej, sama trysnąć na powierzchnię.

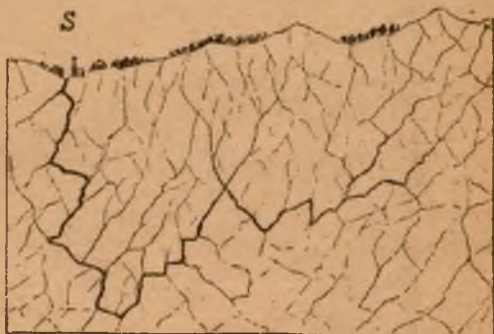
Woda podziemna, która się gromadzi płytko pod powierzchnią, nosi nazwę „*wody zaskórnej*”. Odnacza się ona tem, że temperatura jej podnosi się lub opada nawet skutkiem zmian dziennych w ciepocie powietrza, a dalej posiada jeszcze tę własność, że ulega łatwo zanieczyszczeniu przez związki, będące produktami gnicia i butwienia ciał organicznych i przez bakterye nieraz chorobowe, skut-

Ryc. 50.



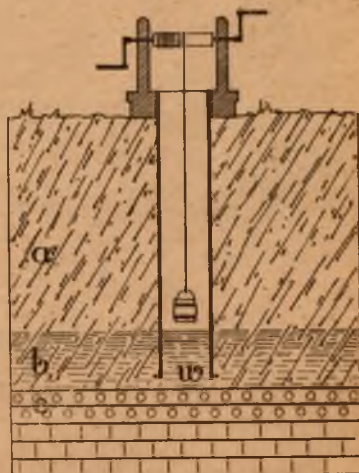
Powstanie źródła dolinowego. a — pokłady przepuszczalne; b — warstwa wodna; c — warstwa nieprzepuszczająca wody; z — źródło.

Ryc. 51.



Początek źródła szczelinowego.

Ryc. 52.



Studnia. a — warstwy przepuszczalne; c — warstwa nieprzepuszczająca wody; b — warstwa wodna; w — woda w studni.

kiem czego, użyta jako napój, może być bardzo szkodliwa. Obecność siarkowodoru, amoniaku i t. p. dowodzi zawsze zetknięcia się wody z gnijącymi ciałami organicznymi.

41. Oczywiście i woda źródłana nigdy nie jest zupełnie czysta, wolną jest jednak od związków organicznych i wogóle takich, które powstają na powierzchni skutkiem gnicia (H_2S , NH_3 i t. d.), a zawiera przede wszystkim kwas węglowy (CO_2) i nieco rozpuszczonych związków mineralnych, głównie wapienia [w postaci kwaśnego węglanu wapniowego $CaH_2(CO_3)_2$]. Od ilości tych ciał stałych, roztworzonych w wodzie (w pier-

Ryc. 53.



„Star Geyser“ w Parku Narodowym Stanów Zjednoczonych.
Wedle fotografii z natury.

wszym rzędzie węglanu wapniowego) zależy jej stopień „twardości”: im ich więcej, tem woda twardsza, im mniej, tem miększa. Niekiedy ilość pewnych połączeń mineralnych powiększa się w wodzie znacznie i wówczas mamy do czynienia z t. zw. *źródłami mineralnymi*. Pozostaje to w związku z naturą pokładów, przez które woda przepływa podczas swej podziemnej wędrówki, z tem, czy znajdują się na jej drodze szczeliny, któremi wznosi się z głębi kwas węglowy, ułatwiający działanie chemiczne i rozpuszczanie, a wreszcie zależy i od temperatury, gdyż woda gorąca także łatwiej rozpuszcza pewne związki mineralne. Wody mineralne, zawierające węglany i znaczną ilość wolnego CO_2 , nazywają się *szeza wami*, bogate w sól noszą nazwę *solanek*, zawierające siarkowodor (H_2S) odróżniamy jako *wody siarczane*.

Źródła wody gruntowej okazują zwykle temperaturę mniej więcej stałą i równą średniej rocznej danego miejsca. Jeżeli jest ona znacznie wyższa, to w takim razie mówi się o *źródle gorącym*, czyli *ciepłym* albo *termie*. Woda w takim razie tryska zwykle ze znacznej głębokości pod powierzchnią ziemi. Temperatura bowiem skorupy ziemskiej wzrasta mniej więcej na każde 35 metrów w głąb o $1^{\circ}C$ [tę głębokość 35 me-

trów nazwano *stopniem geotermicznym*¹⁾]; jeżeli przeto woda opadów atmosferycznych szczelinami dostanie się bardzo głęboko, ogrzewa się tam znacznie, a wzniósłszy się następnie inną szczeliną do góry, może wytrysnąć w postaci źródła gorącego. Być może jednak, że w wielu termach woda nie pochodzi z opadów atmosferycznych, lecz wydziela się wprost z pirosfery, przesyconej rozmaitymi gazami. Polska posiada termę w Jaszczurówce koło Zakopanego; temperatura jej równa się stale w ciągu całego roku 16⁵° C., podczas gdy średnia ciepłota roczna tej miejscowości wynosi około 5° C.

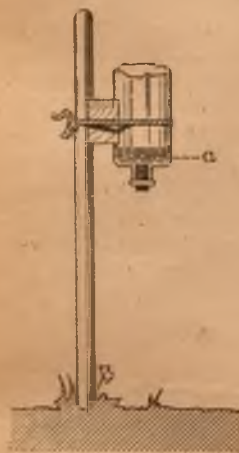
W okolicach wulkanicznych znajdują się na kilku punktach kuli ziemskiej źródła gorące, które tryskają peryodycznie w górę, niekiedy co kilka lub kilkanaście godzin — zwykle w mniejszych odstępach czasu — i nieraz do znacznej wysokości; nazywają je *gejzerami*. Największe i najwspanialsze gejzery posiada t. zw. Park Narodowy Stanów Zjednoczonych półn. Ameryki (por. ryc. 53.); prócz tego znajdujemy je w Islandyi i na Nowej Zelandyi.

Zjawiskiem, ściśle wiążącym się z wodami podziemnymi, są t. zw. *wulkany błotne*. Z właściwym wulkanizmem zwykle nie mają one nic wspólnego, a tworzą się tam, gdzie woda przesycona gazem przeciska się skutkiem jego prężności z znaczną siłą szczelinami pośród skał ilastych i t. p., zanim wypłynie na powierzchnię. Porywa ona z sobą w takim razie mnóstwo części ilowych i dohwywa się w postaci masy błotnistej, która rozpluwając się, tworzy wyniosłości stożkowe, kształtem podobne zupełnie do miniaturowych wulkanów. Okresy wzmózonego dohwywania się gazów przypominają w takim razie wybuchy wulkanów prawdziwych. Gazy bywają w wulkanach błotnych rozmaite. Sławne wulkany błotne w okolicy Baku zawdzięczają powstanie swoje węglowodorom naftowym, w które obfituje ta okolica, bogata w naftę.

Doświadczenia i zadania.

1. Przy pomocy mapy i przyrządu, przedstawionego na ryc. 54., zwanego ombrometrem, określ ilość wody, która spadła w najbliższej okolicy podczas deszczu nawalnego. Przyrząd taki można łatwo zrobić z dużej butli o ścianach prostopadłych, której szyjkę

Ryc. 54.



Ombrometr.

zatykamy szczelnie korkiem, a całe dno ostrożnie odbijamy. Przymocowujemy ją następnie do żerdzi, poczem dolną, lejkowatą część butli wypełniamy wodą i znaczymy, dokąd ona sięga (kreska *a*). Po deszczu wysokość słupa wody ponad tą kreską jest miarą wielkości opadu. Znając tę wysokość i powierzchnię okolicy, nawiedzonej przez deszcz, łatwo obliczymy w przybliżeniu całkowitą ilość wody, która podczas tego spadła na danym obszarze.

2. Dla zmierzenia ilości wody w jednym obfitym opadzie śniegu wystarczy szeroka rura blaszana, z jednej strony zamknięta. Drugim końcem wbijamy ją w śnieg tak, aby wypełnić wnętrze rury do tej wysokości, jak gruba jest jego warstwa. Wysokość słupa wody, która zbierze się w rurze po stopieniu śniegu, jest i w tym wypadku mniej więcej miarą ilości opadu.

3. Weź kawałek świecy odłupany z jakiejś skały, byle nie z samej powierzchni, zważ go, a następnie dokładnie wysusz. Co będzie oznaczał ubytek ciężaru?

4. Do większej skrzynki z dnem podziurawionem wkładamy między dwie warstwy ziemi spory woreczek, wypełniony solą kuchenną. Jeżeli będziemy polewali ziemię wodą, która otworami w dnie może swobodnie odpływać, wkrótce zobaczymy, jak na równej powierzchni górnej zaczyna się tworzyć lejkowate zagłębienie. Skutkiem czego? Z jakim zjawiskiem geologicznem można to porównać?

5. Oznacz w najbliższej okolicy warstwę, w której się gromadzi woda i która daje początek źródłom, tudzież warstwę nieprzepuszczalną, na której się zbiera woda gruntowa.

6. Zrób to samo dla studzien w miejscu zamieszkania, przyczem określ, w jakiej głębokości pod powierzchnią znajduje się poziom wody gruntowej w rozmaitych punktach danej miejscowości.

¹⁾ gę (gr.), ziemia; thermós (gr.), ciepły.

7. Staraj się zauważyć, o ile w studniach zmienia się poziom wody w czasie su-
szy, deszczu i t. p.

8. Odparuj jeden litr wody źródlanej i zważ osad, który pozostanie na dnie na-
czynia. Zbadaj jego własności chemiczne, przede wszystkim działając roztworem kwasu
solnego. Co powiesz o naturze osadu, jeżeli się burzy z kwa-
sami i jak nazwiesz wodę, która tworzy taki osad w wię-
kszej ilości? Co powiesz o osadzie, który przy słabszym ogrza-
niu brunatnieje, a spala się przy silniejszym? Jak określiśz
pod względem zdrowotnym wodę, która daje taki osad?

Ryc. 55.



Sztuczny gejzer.

9. Jak będziesz tłumaczył powstawanie osadu wapien-
nego z wody skutkiem samego zagotowania? (Przypomnij so-
bie, w postaci jakiego związku wapień znajduje się w wo-
dzie rozpuszczony).

10. W tunelach, wiaduktach kolejowych i t. p. tworzą
się często drobne stalaktyty. Co jest przyczyną w takim ra-
zie osadzania się wapienia? Zbadaj czas wzrostu tych na-
cieków.

11. Zmierz temperaturę kilku źródeł okolicznych, poró-
wnaj ją z średnią temperaturą roczną tego miejsca i zbadaj,
o ile zmienia się w rozmaitych porach.

12. Wypełniamy wodą rurę niegrubą, długości około
 $2\frac{1}{2}$ m i wspartą na odpowiednim trójnogu. Jeżeli będziemy
ją ogrzewali w dwóch miejscach, u spodu i w wysokości
około 1 m, to warstwę wody, znajdującą się w poziomie, dru-
giego koszyka z węglami, łatwo doprowadzimy do tempera-
tury wyższej niż 100°C. , wobec ciśnienia słupa cieczy ponad
tem miejscem (porównaj w fizyce związek między tempera-
turą wrzenia a ciśnieniem). Z chwilą wszakże, kiedy ta war-
stwa ogrzeje się do temperatury wrzenia, odpowiadającej da-
nemu ciśnieniu, oczywiście zamieni się nagle w parę i wy-
rzuci słup wody, znajdujący się powyżej. Badając gejzery na-
turalne, znaleziono w nich również w głębi kanału wybucho-
wego wodę przegrzaną (o temperaturze wyższej niż 100°C. ;
por. ryc. 55.).

42. Widzieliśmy, że ortoklaz rozkłada się pod działaniem chemi-
cznem wody (por. § 38.). Powstający przytem kaolin czyli glina porce-
lanowa pozostaje w miejscu pierwotnego minerału, t. j. macierzystego
ortoklazu, podczas kiedy krzemionka, którą woda rozpuszcza w pewnej
ilości, uniesiona przez nią i osadzona w próżniach i szczelinach, tworzy
kryształy kwarcu żyłowego, lub daje początek jakiemuś innemu minera-
łowi. W podobny sposób wiele minerałów powstaje skutkiem działania che-
micznego wody, a między nimi i takie, które są tylko odrębnymi ga-
tunkami minerałów, wchodzących w skład skał wybuchowych, jak n. p.
kwarczyc żyłowy. Obecnie zajmiemy się niektórymi krzemianami, two-
rzącymi się na tej drodze. Nazwiemy je ogólnie „krzemianami pocho-
dnymi“.

Krzemiany pochodne.

Grupa serpentynowa.

43. Liczne i ważne krzemiany magnezu lub magnezu i żelaza, zawierające wodę,
zazwyczaj zbite, nieraz o budowie drobno-łuszczkowej albo włóknistej; barwa ich
zielonkawa, biała albo żółtawa. Są produktem rozkładu chemicznego krzemianów grupy
oliwinowej i piroksenowo-amfibolowej.

Serpentyn¹⁾ (T. = 3—4, c. w. = 2·5—2·7). Wodny krzemian ma-
gnezu i żelaza, zazwyczaj w odmianach zbitych, rzadziej włóknistych
[chryzotyl²⁾ czyli azbest serpentynowy³⁾]. Czyste odmiany są zielone,

¹⁾ serpens (łac.), wąż, z powodu plam, jak na skórze węzowej. ²⁾ chryzós (gr.),
złoto; tillo (gr.), skubie. ³⁾ asbestos (gr.), niedający się spalić.

w cienkich blaszkach prawie przezroczyste (*serpentyń szlachetny*); zwykle jednak okazuje na tle mniej więcej zielonawem ciemne plamy i żyłki, pochodzące od zanieczyszczeń połączeniami żelaza. Kwasy rozkładają go łatwo, wydzielając czystą krzemionkę; topi się trudno.

Powstaje z rozkładu oliwinu, który skutkiem działania chemicznego wody, zawierającej kwas węglowy, traci nieco magnezu w postaci węglanu magnezowego, rozpuszczalnego w wodzie; równocześnie część zawartości żelaza daje początek drobnym ziarnkom i kryształkom magnetytu, będącego tlenkiem żelaza, skąd powstają owe ciemne żyły i plamy, właściwe serpentynowi. *Serpentyń zwyczajny* tworzy często znaczne masy kształtu żył, potężnych pni i t. d., tak jak skały oliwinowe, z których powstał skutkiem ich rozkładu chemicznego.

Azbest serpentynowy jest poszukiwany, ponieważ odznacza się trudną topliwością, a przytem nie jest tak kruchy, jak azbest amfibolowy, daje się zatem użyć do wyrobu ogniotrwałych lin, sznurów i t. p.

Uwaga. Nieraz spotykamy kryształy oliwinu, które przeobraziły się w zupełności w serpentyn. Mówimy o nich, że są to *pseudomorfozy*¹⁾ serpentynu po oliwinie. Ryc. 56. *a* przedstawia kryształ oliwinu w przekroju; widzimy, jak woda, przenikając do wnętrza jego drobnymi szczelinami, już go zamieniła w części na serpentyn. Na ryc. 56. *b* ten proces powolnego przeistaczania się dobiegł do końca i kryształ oliwinu przeobraził się w całości w serpentyn, tworząc pseudomorfozę tego minerału po oliwinie.

Pianka morska jest wodnym krzemianem magnezowym barwy żółtawej lub szaro-białej, znanym tylko w masach zbitych. Powstaje jako produkt dalszego rozkładania się serpentynu.

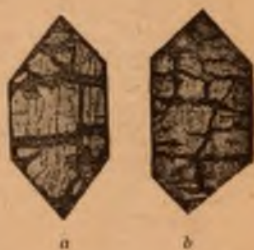
Talk²⁾ albo **łojek** (T. = 1, c. w. = 2,6—2,8) jest także wodnym krzemianem magnezowym. W wielu miejscach znajduje się w wielkich masach, tworząc w postaci t. zw. *łupków talkowych*, razem z kwarcem, całe pokłady i skały. Powstaje z rozkładu minerałów grupy piroksenowo-amfibolowej i t. p.

Do minerałów tej grupy należy jeszcze *garnieryt*³⁾, wodny krzemian magnezu i niklu. Powstaje on jako produkt rozkładu zasadowych skał wybuchowych, których oliwin może zawierać nieco niklu. Jest bardzo cennym kruszcem tego metalu, a wielkie jego złoża znajdują się w francuskiej kolonii Nowa Kaledonia w związku z tamtejszymi bazaltami (por. o bazalcie str. 33.).

Grupa kaolinu.

44. Kaolin⁴⁾ (c. w. 2,2—2,6), główny przedstawiciel wszystkich minerałów tej grupy, jest wodnym krzemianem glinowym. Znajduje się w masach ziemistych, nierzadko w pseudomorfozach po ortoklazie; zupełnie czysty posiada barwę białą. Jest łatwo rozcieralny, a zmieszany z wodą odznacza się plastycznością. Zwilżony wydaje właściwy zapach. Spieka się w ogniu, ale nie topi się nawet w bardzo wysokich tempe-

Ryc. 56.



a) Kryształ oliwinu w przekroju, przeobrażający się zwolna w serpentyn.
b) Pseudomorfoza serpentynu po oliwinie w przekroju.

¹⁾ pseudo (gr.), kłamie, zwodzę; morphé (gr.), postać. ²⁾ Od wyrazu arabskiego alg, kamień tusty. ³⁾ Od nazwiska mineraloga francuskiego Garniera. ⁴⁾ z chińskiego.

raturach; dopiero po zmieszaniu z ciałami topliwymi, jak miał ortoklazowy lub gips z kwarcem, tworzy porcelanę.

Jest to produkt rozkładu rozmaitych skaleni (por. § 27.). Znajdujemy go w gniazdach i podobnych złożach, gdzie woda naniosła cząstki kaolinu, wypłukane z granitów lub innych skał podziemnych, rozkładających się na powierzchni. Czysty kaolin jest stosunkowo rzadszy, zwykle bywa zmieszany z cząstkami innych minerałów (kwarczec, mika, wapień i t. p.), zabarwiony rozmaicie i w tej postaci tworzy rozmaite *ity* i *gliny*. Ta ostatnia nazwa używana jest zazwyczaj dla iłów bardziej zanieczyszczonych i zabarwionych wodorotlenkiem żelaza na żółto lub brunatno. Najbardziej zbliżają się do kaolinu *ity ogniotrwale*.

Na ziemiach Rzeczypospolitej znajduje się czysty kaolin na Wołyniu (Korzec, Baranówka i t. d.), Ukrainie i wogóle na obszarach granitowej płyty ukraińsko-wołyńskiej.

Czem są u nas rozmaite zwyczajne gliny, które tworzą samą powierzchnię ziemi i glebę urodzajną dla całej wegetacji, tem jest w krajach podzwrotnikowych t. zw. *lateryt*¹⁾. Odznacza się barwą zazwyczaj ceglastą w jaśniejsze plamy (w stanie świeżym), pewną piaszczystością, a przytem bardzo często powierzchnią jakby żużlowatą. Prócz części iłowych zawiera dużą domieszkę wodorotlenku glinowego ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — por. boksyt, § 78.). *Itły łupkowe* i rozmaite *łupki iłowe* powstały z iłów zwyczajnych pod znacznem ciśnieniem; te ostatnie odznaczają się większą zwięzłością i twardością, posiadając niekiedy budowę nawet częściowo krystaliczną (niektóre t. zw. *łupki dachówkowe*, *tabliczkowe* i t. p.) *Lessem*²⁾ nazywa się glina przez wiatry nawiana (porówn. § 70.), która tworzy nieraz na znacznych przestrzeniach potężne pokłady. Barwa zazwyczaj jasno-żółta, znaczna sypkość i liczne pionowe kanaliki po korzonkach roślin, pokaźna zawartość drobnych ziarn kwarcu, węglanu wapnia (CaCO_3), łusczek miki i t. p., a wreszcie zupełny brak uwarstwiania, tudzież charakterystyczna skłonność do tworzenia stromych ścian pionowych — są to cechy, po których less daje się łatwo poznać (por. ryc. 93.). Jest on u nas na znacznych przestrzeniach bardzo rozpowszechniony.

O rozpadaniu się i wietrzeniu skał, tudzież o glebie rodzajnej i jej powstawaniu.

45. Powolne kruszenie się i rozkładanie skał i minerałów na powierzchni skutkiem działania wody, powietrza i t. d. nazywamy krótko procesem *wietrzenia*.

Zmiany temperatury i, co za tem idzie, rozszerzanie się skał, ogrzewanych silnie za dnia i ich nagłe kurczenie się z nastaniem chłodnej nocy, a w naszym klimacie przede wszystkim woda, która zamarzając w szczelinach i powiększając przytem znacznie swoją objętość rozszerza je w ten sposób zwolna ale ustawicznie — to wszystko powoduje rozpadanie się skał nawet bardzo zwięzłych (*wietrzenie mechaniczne*). „Żłomiska“ i „piargi“ na stokach gór, „stożki nasypowe“ u ich stóp tworzą się z materiału, który powstaje w ten sposób (por. ryc. 57. i 58.). Równocześnie im więcej skała rozpada się i kruszy, tem bardziej potę-

¹⁾ later (łac.), kamień ceglany. ²⁾ Nazwa, używana przez ludność w dolinie górnego Renu.

guje się oddziaływanie na nią chemiczne wody deszczowej, która zawsze zawiera nieco kw. węglowego i tlenu atmosferycznego, tudzież działanie samego powietrza. Skutkiem tego skała ulega na powierzchni rozkładowi; woda, która przenika ją, roztwarza w sobie część produktów tej przemiany, a reszta nierozpuszczalna pozostaje na miejscu (*wietrzenie chemiczne*). W tym procesie, powodowanym zarówno przez czynniki fi-

zyczne, jak i chemiczne, odgrywają rolę niemałą rozmaite organizmy, zwłaszcza roślinne.

I tak korzenie wszystkich roślin, wydzielając kwas węglowy, przyspieszają w ten sposób wietrzenie chemiczne w dużym stopniu; podobną jest

rola porostów, mchów i t. p. na rozmaitych skałach, gdzie wnika ją w najdelikatniejsze szczeliny. Jednak może jeszcze większe znaczenie mają pod tym względem rozmaite bakterie, które żyją w ziemi płytko pod powierzchnią w olbrzymiej ilości i produkują ciągle kwas węglowy, azotowy i inne podobne związki, działające bardzo energicznie na rozmaite skały i ich części składowe.

Wreszcie nie można pominąć pracy pewnych zwierząt, przebywających pod ziemią, a zwłaszcza dżdżownic.

46. Ponieważ skały, wietrzejąc, zachowują się rozmaicie, jedne n. p. rozpadają się na większe bryły, inne z wolna kruszą się na powierzchni, co zależy od ich zwięzłości, złożenia mineralogicznego, budowy i t. d., przeto nic dziwnego, że i charakter krajobrazowy każdej okolicy pozostaje w związku z własnościami skał, które znajdują się tam na powierzchni, i z właściwymi im „*formami wietrzenia*”.

Wystarczy na dowód tego porównać granitowe lub wapienne szczyty

Ryc. 57.



Zejsście z Rysów w Tatrach z rumowiskiem skalnym, powstającym skutkiem wietrzenia. Według fotografii z natury.

Ryc. 58.



Widok tatrzański z okolicy Pięciu Stawów z potężnymi „stożkami nasypowymi” gruzu zwietrzałego. Według fotografii z natury.

Ryc. 59.



Widok z okolicy Tartarowa nad Prutem. Według fotografii z natury.

Tatr (ryc. 58.) z połogimi grzbietami Beskidów, utworzonymi przez skały piaskowcowe (ryc. 59.). Przykładem charakterystycznego sposobu wietrzenia jest t. zw. „piaskowiec bryłowy albo jamneński“ w Karpatach

Ryc. 60.



Skały piaskowca bryłowego (jamneńskiego) w Uryczu w Stryjskiem.
Według zdjęcia fotograficznego prof. Zubera.

wschodniej Galicyi, który, wietrzejąc, rozpada się na wielkie bryły i tworzy w ten sposób malownicze skały i urwiska, n. p. koło Urycza w Stryjskiem (por. ryc. 60.). Głośny jest ze swoich form wietrzenia t. zw. „piaskowiec ciosowy“ północnych Czech i przyległej części Saksonii (Czeska i Saska Szwajcarya); malowniczością krajobrazową odznaczają się także wapienne okolice Krakowa, tworzące Wawel, Skałę Kmity, t. zw. Maczugę Herkulesa w Pieskowej Skale lub też piękną dolinę Mnikowa i Ojcowską (ryc. 80. i 160.).

47. Proces wietrzenia wszystkich skał przebiega mniej więcej tak, jak to wyżej opisano, a ponieważ w ich skład wchodzi zwykle skalenie (wiele skał wybuchowych) lub cząstki wapnisto-ilaste i t. p., (jak n. p. w przeważnej ilości piaskowców), więc ostatecznym rezultatem tego jest wytwarzanie się przedewszystkiem rozmaitych glin, które zmieszane z częściami piaszczystymi, wapnistymi i humusowymi (powstającymi z bu-
twiejących resztek roślinnych) tworzą t. zw. glebę rodzajną (por. ryc. 61.).

Wielkie znaczenie dla ciągłego wytwarzania się gleby ma mechaniczne działanie wody opadów atmosferycznych. Polega ono na tem, że

Ryc. 61.



Wietrzenie skały na powierzchni i tworzenie się gleby. a — skała niezmieniona; b — skała zwietrzała; c — gleba.

deszcze spłukują w wielu miejscach powierzchowne warstwy gleby (oczywiście w innych miejscach osadzając to wszystko), przez co odsłaniają skałę, znajdującą się pod spodem, i poddają ją tem energiczniejszemu działaniu opadów i powietrza. To „denudacyjne“¹⁾ działanie wody opadów jest najenergiczniejsze na zboczach wszelkich wzniesień, a objawia się między innemi znanem powszechnie zjawiskiem, że w lasach, porastających stoki gór, widzimy zwykle drzewa z korzeniami obnażonymi. Wody deszczów, spływając na dół, spłukują bowiem i unoszą z sobą cząstki gleby, odsłaniając w ten sposób zwolna coraz głębiej korzenie, które pierwotnie były przykryte warstwą ziemi.

48. *Gleba* jest — jak widzieliśmy — produktem wietrzenia i rozkładu skał, znajdujących się na powierzchni ziemi. Bez gleby nie mogłaby istnieć na ziemi wegetacja, gdyż służy ona roślinom nie tylko do przytwierdzenia się zapomocą korzeni, ale jest także dla nich jakby naturalnym zbiornikiem wody, koniecznie potrzebnej do życia i zawierała nie związki mineralne, które, powstając w znacznej części już podczas wietrzenia skał, są dla roślin koniecznym i niezbędnym pokarmem. Do ciał tego rodzaju należą połączenia żelaza, potasu, siarki, fosforu, wapnia i t. d. Żelazo wchodzi w skład tyłu mineralów, że nie dziwnego, iż w postaci pewnych połączeń odnajdujemy je także i w roli. Związki potasowe gleby powstają n. p. przy wietrzeniu skałeni potasowych (por. § 38.), fosforany z apatytu (por. § 49.), wapń jest wszędzie rozpowszechniony.

Nie wszystkie pokarm czerpią jednak rośliny korzeniami i z gleby. Węgiel, który odgrywa także ważną rolę, jako składnik ciała roślin, pobierają one zielonemi częściami swojemi z bezwodnika węglowego w atmosferze, a i azot, czerpany przy pomocy korzeni z ziemi w postaci azotanów, pochodzi również z atmosfery. W procesie wzbogacania gleby w azot atmosferyczny odgrywają rolę przeważną pewne bakterie, które przebywają w ziemi, a posiadają zdolność pobierania tego pierwiastka z powietrza. Niektóre z nich czynią to, żyjąc w spółce z roślinami wyższymi; są to bakterie, które tworzą t. zw. brodawkę na korzeniach roślin motylkowych (stad znaczenie wielu roślin z tej rodziny, gdyż użyte jako nawóz zielony dla roli, gdzie wyrosły, wzbogacają ją w połączenia azotowe). Azot, przyswojony z powietrza i przerobiony na ciało roślinne, tworzy w glebie po śmierci organizmów pewne związki, jak amoniak i t. p., które ulegają następnie zamianie przez inne bakterie na kwas azotowy i azotany; w ten sposób z kolei staje się on dostępnym dla wszystkich roślin. Na tej właśnie czynności wspomnianych *bakterii gleby*, z których jedne pobierają azot atmosferyczny, inne następnie z tego azotu wytwarzają kw. azotowy. polega ich ważna rola dla człowieka i wogóle w przyrodzie (o znaczeniu bakterii w procesie wietrzenia por. § 45.).

Gleba zawiera jeszcze zawsze pewną domieszkę części piaszczystych. Jeżeli jest ich za mało, wówczas przepuszcza trudno wodę opadów atmosferycznych, skutkiem czego roślinom grozi gnienie korzonków; w razie zaś, kiedy jest zbyt piaszczysta, łatwo wysycha, powodując, że w tych warunkach wegetacja musi obumierać na wypadek posuchy.

Taka gleba, która zawiera wiele części gliniastych, nazywa się *ciężką*, gleba piaszczysta nosi nazwę *lekkiej*. Szczególnym rodzajem gleby jest *czarnoziem*, odznaczający się wielkiem bogactwem organicznych połączeń, zwanych humusowemi, które powstają z butwienia rozmaitych części roślinnych.

Uprawiamy glebę, orząc i kopiąc, aby ją rozpulchnić i ułatwić w ten sposób zakorzenianie się roślin, a z drugiej strony umożliwić łatwy dostęp do jej głębszych części powietrzu atmosferycznemu; uprawia się ją także n. p. zlewaniem grządek w czasie posuchy, ale przedewszystkiem nawożąc rolę, celem dostarczenia jej pewnych szczególnych związków, których potrzebuje dla dobrego rozwoju wegetacji. I tak nawożąc glebę obornikiem, udzielamy jej połączeń azotowych, przez nawożenie mineralnemi solami potasowemi dodajemy potasu, apatyt jest wybornym mineralnym nawozem, który rolę wzbogaca w fosfor, podobnie jak mączka kościana, a saletra sodowa dostarcza glebie azotu, jak obornik.

(O tych dwóch ostatnich minerałach pomówimy z kolei obecnie.

Fosforany i azotany.

49. *Apatyt*²⁾ ($T. = 5$; c. w. = $316-32$). Jest to fosforan wapnia, zawierający jeszcze fluor (F) i chlor (Cl), $[Ca_5(ClF)(PO_4)_3]$. Krystalizuje się

¹⁾ denudo (łac.) obnażam. ²⁾ apatáo (gr.), myślę, ponieważ dawniej mieniano go z fluorytem.

w ukł. heksagonalnym, ryc. 62. Czasem bezbarwny i przezroczysty, zazwyczaj jest zielonawy lub inaczej zabarwiony i światła nie przepuszcza: połysk ma zwykle tłustawy.

Prażródłem apatytu w litosferze są przede wszystkim skały wybuchowe, w których skład wchodzi jako bardzo rozpowszechniony składnik dodatkowy, zazwyczaj w kryształach mikroskopijnie drobnych. Woda, przesiąkająca owe skały, rozpuszcza fosforan wapnia, unosi dalej i osadza w spotkanych próżniach lub szczelinach w rozmaitej postaci.

Ponieważ apatyt jest jedynym źródłem, z którego pochodzi fosfor, znajdujący się w glebie rodzajnej, a pierwiastek ten jest niezbędnym i koniecznym składnikiem ciała zarówno roślin, jak i zwierząt, więc też i rola apatytu w przyrodzie jest nie małego znaczenia. Fosfor, który wraca do ziemi, częścią dopiero po śmierci organizmów, n. p. z kośćmi kręgowców, zawierającymi bardzo wiele fosforanu wapnia, częścią już za ich życia, n. p. z odchodami, bierze w ten sposób bardzo znaczny udział w ciągłym krążeniu materii między światem organicznym i mineralnym. Powróciwszy do ziemi, może on w korzystnych warunkach znowu utworzyć całe pokłady fosforanu wapniowego, zwanego *fosforytem*. Pokłady fosforanu wapnia, eksploatowane jako t. zw. „*sombreyt*“ na niektórych wyspach koło wybrzeży peruwiańskich, są tego przykładem. Na wapiennych skałach, tworzących wybrzeża owych wysp, żyje od tysięcy lat olbrzymie mnóstwo ptaków morskich, których odchody, bogate w kwas fosforowy, nagromadziły się tam w znacznej ilości jako ptasie „*guano*“. Deszcze wypłukują kwas fosforowy, ten zaś wsiąkając w wapienne podłoże, przemienia je w fosforan wapniowy, który w ten sposób powstaje tam w całych pokładach i w takiej ilości, że jest przedmiotem eksploatacji, służąc następnie, jako wyborny nawóz. W tym samym celu dobywany jest na Podolu fosforyt w postaci kul luźnych.

Turkus, pięknie modrawo-zielony, jest wodnym fosforanem glinowym z pewną ilością miedzi i żelaza. Piękne turkusy pochodzą przede wszystkim z Persyi.

Saletra sodowa (chilijska, nitratyn) jest azotanem sodowym (NaNO_3). Krystalizuje się w układzie heksagonalnym, w rombościanach (por. str. 17., zad. 1—3); znajduje się wszakże najczęściej w masach ziarnistych, tworząc pokłady grube na jeden metr i więcej. Saletry dostarcza głównie połudn. Peru, gdzie jest dobywana w okolicy Tarapaka na znacznej przestrzeni; towarzyszy jej sól kamienna i gips, tudzież obfite resztki morskich zwierząt. Wielka rzadkość deszczów sprzyja w tym wypadku szczególnie znajdowaniu się pokładów tego minerału bardzo łatwo rozpuszczalnego. Saletra chilijska jest wybornym nawozem mineralnym, który dostarcza glebie azotu.

Doświadczenia i zadania.

1. Wytłumacz, dla jakich względów praktycznych pomniki kamienne mają zazwyczaj powierzchnię polerowaną.
2. Oglądnij dwa pomniki kamienne, nowy i stojący na powietrzu dłuższy przeciąg czasu. O ile różni się ich powierzchnia?
3. Porównaj na cmentarzu sposób „wietrzenia kamieni“ rozmaitego gatunku, używanych na pomniki. Zauważysz, że niektóre tylko tracą ostrość krawędzi i naroży, inne pękają, jeszcze inne łuszczy się i t. p.
4. Co jest przyczyną odbarwiania się wielu kamieni na powietrzu po pewnym czasie? Czemu n. p. na niektórych marmurach, posiadających tu i ówdzie drobne ziarna pirytu, powstają z czasem żółte plamy i miejsca jakby wyżarte?
5. Donieźkę z wielkim otworem na dnie, w której znajduje się jakaś roślina. trzymaj przez pewien czas na płycie marmurowej. Po paru miesiącach, zdjawszy wazon, zauważysz na marmurze dokładny jakby odcisk wszystkich korzeni, które otworem wyszły na zewnątrz. Wytłómacz to zjawisko.
6. Weź łyżkę zwykłej ziemi ogrodowej i pół litra wody dobrze i długo przegotowanej. Zakłóć to razem i zmieszaj z przedcedzonym, świeżo zgotowanym bulionem, równie w ilości pół litra, jako pokarmem dla bakterii gleby. Następnie mieszankę rozlej w dwie flaszki, zakorkuj je dokładnie watą i jedną z butli gotuj całą godzinę, poczem obie postaw w miejscu ciemnym i ciepłym. Ta ciecz, która się na końcu nie przegotowała, już po 24 godzinach zmętnieje, wydając przykrą woń, właściwą ciałom gnijącym (wytwarzają się siarkowodor i inne gazy). Ciecz w drugiej butelce pozostanie czysta i dopiero po dłuższym przeciągu czasu zacznie zwolna mętnieć. (Temperatura 100° C. zabija

Ryc. 62.



Kryształ apatytu. M: ool^P
X: P; p. ol^P .

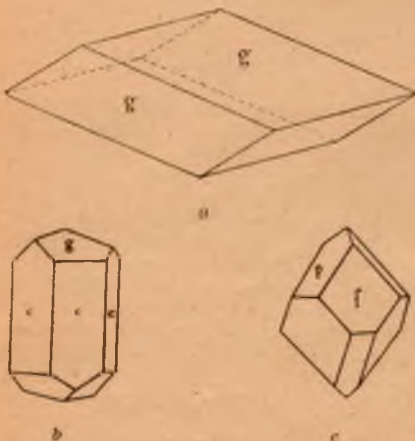
zwykle bakterye, ale niezawsze ich zarodniki). Daj objaśnienie całego doświadczenia i wytłumacz, czego ono dowodzi.

7. Wskaż, gdzie w okolicy znajduje się gleba ciężka, a gdzie widzimy glebę lekką. Po czem to poznajesz?

Węgłany.

50. Kalcyt¹⁾ albo wapien ($T. = 3$, c. w. = 2·6—2·8) jest węglanem wapnia (CaCO_3). Krystalizuje się

Ryc. 63.



Kryształy kalcytu. g: rombościan tęp, $\frac{1}{2}R$; c: ∞P (∞R); f: rombościan ostry, $2R$; p: rombościan zasadniczy (łupliwości kalcytu), R.

w ukł. heksagonalnym, bardzo często w rombościanach (por. zad. 1. i 2. na str. 17. i ryc. 63. a) mniej lub więcej przezroczystych, bezbarwnych, białawych lub zabarwionych żółtawo, czerwono i t. p. Częste są także kombinacye słupa sześciobocznego z rombościanem (ryc. 63. b), lub dwu rombościanów — ujemnego i dodatniego (ryc. 63. c). Kalcyt okazuje najwyraźniej pomiędzy wszystkimi minerałami zdolność podwójnego załamywania światła, tak że każdy przedmiot, oglądany przez kryształ tego minerału, widzimy podwójnie. Łupliwość posiada doskonałą według ścian R na ryc. 64. Z kwasami kalcyt łatwo się rozkłada i burzy, wydzielając bezwodnik kwasu węglowego.

Ryc. 64.



Uwaga. Jeżeli patrzymy przez

rombościan kalcytu średniej grubości na szereg liter, to każdą z nich widzimy podwójnie (por. ryc. 65.), skutkiem rozszczepiania się wszystkich promieni światła, przechodzących do naszego oka przez kryształ, na dwa promienie. Zjawisko to nazywamy *podwójnem załamowaniem* się promieni świetlnych.

Gdybyśmy jednak ścięli w rombościanie kalcytu oba naroża wierzchołkowe (por. ryc. 66.), przez które przechodzi oś główna, i oglądali na-
pis przez te nowe ściany, to zobaczylibyśmy każdą literę pojedynczo.

Ryc. 65.



Wyłupany kawałek spatu islandzkiego podwójnie załamujący światło.

¹⁾ calx (łac.), wapien.

Wszystkie kryształy, z wyjątkiem należących do układu równoosiowego, załamują światło podwójnie; minerały równoosiowe i bezpostaciowe nie okazują tej zdolności. Ale nawet kryształy ukł. kwadratowego i heksagonalnego nie załamują światła podwójnie w kierunku osi głównej, jak to widzimy właśnie na kalcyecie. Kryształy zaś rombów, jednoskośne i trójskośne posiadają aż dwa kierunki, w których nie rozszczepiają promieni świetlnych. W wszystkich tych kryształach kierunki załamывania pojedynczego nazywamy *osiąmi optycznymi*. Jak widzimy przeto, można wnosić w przybliżeniu o układzie krystalograficznym danego kryształu już z jego zdolności załamывania światła.

Ryc. 66.



Rombohedran zasadniczy (R) kalcytu z ścieżkami narożami wierzchołkowymi.

Pytania.

1. Jaki znasz przyrząd, który na zasadzie optycznych własności kryształów pozwala w wielu wypadkach określać układ krystalograficzny zupełnie dokładnie?
2. Wyrazem jakiej zasadniczej własności kryształów jest ta własność rombohedranów kalcytu, że nie we wszystkich kierunkach załamują światło podwójnie?
3. Kryształy równoosiowe zachowują się ze względu na załamывanie światła, jak ciała bezpostaciowe; jakie jednak posiadają inne własności, dowodzące w każdym razie ich „fizycznej różnokierunkowości”? Wykaż to przykładami na kryształach znanych ci minerałów.

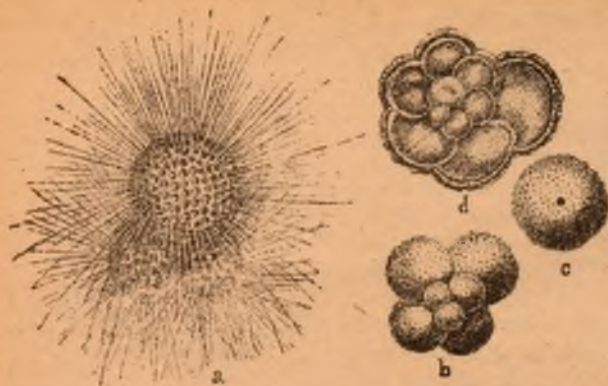
51. Węglan wapnia w wielkich masach zbitych, ziarnisto-kryształicznych i t. p. nosi ogólną nazwę *wapienia*. Gdzie się znajdują większe pokłady wapieni, tam woda, która przenika skorupę ziemską, dzięki zawartości kw. węglowego (tworzy się $\text{Ca H}_2(\text{CO}_3)_2$, rozpuszczalny, kwaśny węglan wapniowy) rozpuszcza z wolna skały wapienne, skutkiem czego tworzą się łatwo podziemne groty, tak pospolite n. p. w wapiennych pokładach Krasu, w ziemi krakowskiej (Ojców) i t. d.

Woda rzek i strumieni zawiera zawsze, tak jak wody źródlane, pewną ilość rozpuszczonego wapienia, który unosi z sobą do morza, gdzie znajdujemy przeciętnie około 0.004% roztworzonego węglanu wapniowego. Jest to jednak tak mało, że musiałoby morze wyparować do $\frac{1}{4}$ swojej objętości, aby wapień rozpoczął się osadzać. To też wielkie masy wapieni, które niewątpliwie powstały w morzu, bo zawierają skamieniałości morskie, wytworzyły się w sposób odmienny. Powstały mianowicie dzięki pewnym organizmom, które budują sobie skorupki wapienne i t. p. ale — jak się zdaje — nie z roztworzonego w wodzie morskiej węglanu wapnia, lecz z siarczanu wapniowego czyli gipsu. Znajduje się on w wodzie morskiej w ilości daleko większej i dopiero same organizmy przetwarzają go na węglan wapniowy. Zynia to rozmaite mięczaki, kręgowce, ale przede wszystkim zasługują z tego względu na uwagę otwornice i koralce, którym zawdzięczają swoje powstanie najpospolitsze skały i pokłady wapienne.

O tworzeniu się skał wapiennych i o rozmaitych wapieniach.

52. Otwornice są to mikroskopijne zwierzątka z typu pierwotniaków, które żyją w morzu, po części unosząc się swobodnie jako zwierzęta

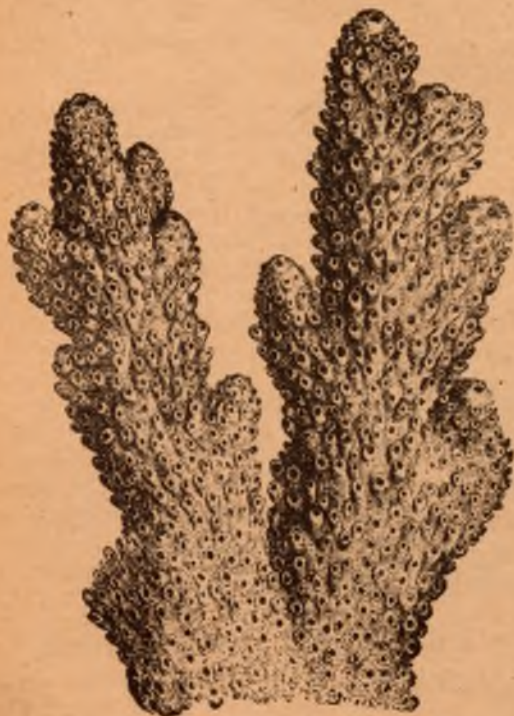
Ryc. 67.



Kilka otwornic z wapiennego szlamu głębin morskich (w znacznem powiększeniu). *a i b* — *Globigerina bulloides*, z powierzchni (*a*) i z dna oceanu (*b*); *c* — *Orbulina universa*; *d* — *Pulvinulina Menardi*.

i więcej, ponieważ otwornice mnożą się bardzo szybko, a osadzanie się ich skorupki na dnie morza trwa nieraz zapewne nie tysiące, ale setki tysięcy lat i więcej. W tych długich okresach czasu ów muł twardnieje i wreszcie tworzy skałę wapienną.

Ryc. 68.



Krzaczek madreporowy.

„pelagiczne“. Przedstawiają się w postaci kropli śluzowej materyi, zwanej protoplazmą, a budują sobie wapienne skorupki, częstokroć bardzo misterne (por. ryc. 67.), które z wolna gromadzą się na dnie mórz w olbrzymiej ilości. W ten sposób powstają w głębinach oceanów pokłady otwornicowego mułu wapiennego (muł *globigerynowy*) z wolna ale bezustannie na bardzo znacznych przestrzeniach. Grubość takiego osadu może wynosić kilkaset metrów

53. Wapienie mogą jednak zawdzięczać swoje powstanie jeszcze innemu organizmowi, mianowicie pewnym koralom, które, skupione w całych koloniach, budują dla siebie rodzaj wapiennego rusztowania, t. zw. koralowinę, często postaci krzaczkowatej (n. p. *Madrepora*, ryc. 68.) lub innej. Żyją one w strefie tropikalnej, tworząc tam w morzach wzdłuż wybrzeży całe darnie i jakby zarośla podwodne. Fale morskie podczas najniższego stanu wody często nie mogą ich nawet pokryć całkowicie, kruszą więc, zwłaszcza w czasie burz, owe krzaczki wapienne, a odłamkami tymi i częściami muszli rozmaitych mięczaków wypełniają się puste miejsca między rosnącymi na dnie koralami. W ten sposób powstaje zbita masa wapienna, tworząca rafy koralowe.

Ponieważ madrepory i pokrewne koralie żyją co najwyżej

30 m pod powierzchnią morza, oczywiście rafy nie powinny sięgać znaczniejszej głębokości. Tymczasem w Oceanie Spokojnym opadają one stromo czasem do 1.000 m i więcej pod powierzchnię morza, mimo, że w takiej głębokości koral nie mogą żyć i rozwijać się. Bliższe zbadanie tego zjawiska nasunęło jednak hipotezę, która tłumaczy je w całości.

Przedewszystkiem uderza każdego postać raf koralowych, zwanych *atolami*. Są to wyspy pierścieniowate, słabo wznoszące się ponad poziom morza, z laguną wody morskiej pośrodku (porównaj ryc. 69. a). Często pierścień jest przerwany, a zamiast niego widzimy cały szereg w obręcz ustawionych wysepek. Otóż ten szczególny kształt przemawia za przypuszczeniem, że rafy tego rodzaju powstały początkowo jako utwór przybrzeżny dokoła jakiejś wyspy, która dawniej

wznosiła się w tem miejscu z dna

morskiego. Ryc. 69. b przedstawia właśnie ten okres w tworzeniu się atolu, a zniknięcie wyspy i znaczna grubość rafy naprowadzają na dwie przyczyny działające w tym wypadku: z jednej strony zapadanie się dna morskiego — naturalnie w bardzo powolnem tempie i w ciągu czasu, który należy obliczać na setki tysięcy lat — z drugiej strony ciągłe wzrastanie koralu ku górze, gdyż mogą się one utrzymać i rozwijać tylko w nieznacznej głębokości (por. ryc. 69. c, gdzie strzałki przeciwnie skierowane wskazują zapadanie się pierwotnej wyspy, zaznaczonej ciemnym kreskowaniem, tudzież równoczesne narastanie ku górze rafy, która na rysunku pozostaje białą). Za tem idzie jednak dalszy wniosek, że wogóle wszystkie rafy i wyspy koralowe, które wznoszą się z bardzo znacznej głębokości, powstały w ten sam sposób skutkiem obniżania się dna oceanu.

Ostateczne wynurzenie się rafy z morza jest następstwem gromadzenia na niej przez fale morskie okruchów wapiennych i t. p. części. Z czasem wytwarza się na jej powierzchni gleba urodzajna, którą wnet

Ryc. 69.



Atol. b i c — tworzenie się atolu; c — daje przekrój pierwotnej wyspy i znajdującej się dokoła rafy koralowej.

pokrywa wegetacya z nasion przyniesionych przez fale, a wreszcie wyspę mogą zaludnić ludzie, zagnani tam nieraz przypadkiem, n. p. burzą.

54. Prócz tego tworzą się niekiedy wapienie z nagromadzonych w wielkiej ilości *muszli mięczaków*, a czasem mogą im dawać początek

Ryc. 70.



Krzaczki litotamniowe. Według Potoniego.

glony morskie z ciałem mocno zwapniałem, zwane *litotamniami*. Mają one za zwyczaj postać mniej albo więcej krzaczkową i porastają gdzieś wzdłuż wybrzeży dno płytkiego morza (por. ryc. 70.).

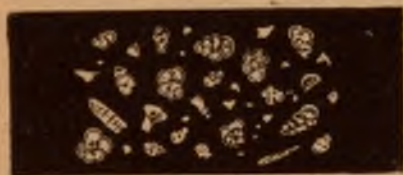
Wyjątkowo znane są także *wapienie pochodzenia nieorganicznego*. Mogą one powstawać jako osad źródeł wody wapiennej lub

z węglanu wapnia, bądź rozpuszczonego w wodzie rzecznej, bądź też osadzonego przez rzeki w postaci mułu wapiennego do jezior bez odpływu albo do zatok morskich, trudno odświeżanych wodą morza otwartego. Takiego pochodzenia są słodkowodne wapienie, w których znajdujemy skorupy rozmaitych mięczaków wód słodkich; z mułu wapiennego osadzonego pośród lagun koralowych powstał wapień litograficzny w Solenhofen w Bawarii.

55. Tak więc z gromadzących się w ciągu tysięcy lat wapiennych skorupiek otwornic, a gdzie indziej dzięki koralom lub pewnym glonom morskim i t. d. powstają ciągle — przedewszystkiem na dnie mórz — olbrzymie masy wapieni. Co dzisiaj widzimy, działo się i w ubiegłych okresach dziejów ziemi, ale w miejscu, gdzie dawniej wytwarzały się osady tego rodzaju na dnie oceanów, obecnie znajdujemy często ląd stały i dopiero na nim pokłady i góry wapienne, które są dziełem życia milionów pokoleń drobnych i niepozornych organizmów morskich. W tworzeniu się na dnie mórz potężnych osadów i skał wapiennych mamy zatem przykład, jak dużą rolę odgrywa świat organiczny w powstawaniu skorupki ziemskiej.

56. Rozróżniamy rozmaite wapienie. I tak skała miękka, łatwo rozcierna, barwy mniej więcej białej, która się składa w dużej części z li-

Ryc. 71.



Skorupki otwornic z kredy (50 razy powiększone).

cznych skorupiek drobnych otwornic (por. ryc. 71.), nosi miano *kredy*. Gdzieś, n. p. w Tatrach u wejścia do doliny Kościeliskiej, znajdują się wapienie przepętnione skorupkami stosunkowo olbrzymich, dzisiaj już nie istniejących otwornic, zwanych *numulitami*, które dochodziły niekiedy wielkości halerza (według górali skamieniała ziarna zboża, za karę złym ludziom w kamień przemienione); są to t. zw. *wapienie numulitowe* (ryc. 72.). Inne wapienie, złożone przeważnie z koralów i ich

okruchów, noszą nazwę *koralowych*, utworzone zaś głównie przez nagromadzone muszle mięczaków, nazywają się *muszlowymi*. Zasługuje także

na uwagę odmiana pospolita na Podolu, koło Lwowa i na pld. od wy-
żyny Kielecko-Sandomierskiej, nosząca nazwę *wapienia litotamniowego*;
wietrząc na powierzchni, rozpada się ona na
mnóstwo bryłek zaokrąglonych lub krzaczkowatych, które są litotamniami (por. ryc. 70.).

Jednak nie we wszystkich wapieniach, które powstały dzięki pewnym organizmom, równie łatwo można wykazać ślady otwornic, koralu i t. p. W części wypadków resztki te uległy jeszcze podczas osadzania się tak dalece pokruszeniu, że powstała skała, złożona z samych drobnych okruchów muszli, koralu lub litotamniów, zanieczyszczonych zwykłym piaskiem i t. p. Są to t. zw. *wapienie drobno-okruchowe*, jak sławny w Polsce „wapień pińczowski“ (w ziemi kieleckiej) lub „mikołajowski“ w okolicy Lwowa. Jeżeli z czasem resztki zwierzęce lub roślinne uległy jeszcze rozpuszczającemu działaniu wody, to wytworzyły się jednolite masy wapienne, często z ledwo dostrzegalnymi śladami organizmów, którym skała zawdzięcza powstanie. Jest to większa część *wapieni zbitych*. Skały wapienne, które uległy przekrystalizowaniu, o budowie ziarnisto-krystalicznej, noszą nazwę *marmurów*; nazywają także w ten sposób wogóle wapienie zbite, ładnie zabarwione, które dają się polerować, przyjmując piękny połysk. Wapienie z dużą domieszką części ilastych, skutkiem tego miękkie i kruche, są to t. zw. *margle*.

Wiemy wszakże, że w pewnych wyjątkowych przypadkach mogą powstawać skały wapienne w zamkniętych lagunach jako osad mułu wapiennego i tej okoliczności w znacznej części zawdzięcza swą niezwykłą jednorodność *wapien litograficzny* w Solenhofen. Wody źródlane, które często zawierają rozpuszczony w większej ilości węglan wapniowy (por. § 41.), nieraz osadzają go w pokaźnych masach, w ten sposób tworząc porowatą i gąbczastą skałę, zwaną *martwicą wapienną* i *trawertynem*; skorupki ślimaków lądowych i odciski liści drzew jeszcze dzisiaj żyjących, dowodzą sposobu jej powstania. Wewnątrz znowu podziemnych grot i jaskiń wapiennych woda, która przenika do środka szczelinami, rozpuściwszy po drodze węglan wapnia, osadza go w postaci t. zw. *wapienia naciekowego*, tworząc zwieszające się sopłowo wapienne „stalaktyty“ i odpowiadające im, a wznoszące się do góry „stalagmity“ (por. ryc. 73.) i t. p. Wreszcie, jako osad wody, która przenika skały, powstają bardzo często w spotkanych szczelinach i próżniach większe masy kalcytu krystalicznego lub w kryształach, tem łatwiej, jeżeli szczeliny znajdują się wśród skały wapiennej lub zawierającej węglan wapnia albo skalenie wapniowe (anortyt, labrador). W ten sposób wytworzyły się n. p. powszechnie znane, bezbarwne i najdoskonalej przezroczyste rombościany *spatu islandzkiego* wśród skały bazaltowej. W szczelinach skał wapiennych koło

Ryc. 72.



Wapień numulitowy.

Ryc. 73.



Stalaktyty i stalagmity; po prawej stronie powstał stęp naciekowy skutkiem zrośnięcia się stalaktytu ze stalagmitem.

Lwowa i Krakowa zdarza się krystaliczny wapień pręcikowy, żółto zabarwiony, zwany *miódowcem*.

Zadania.

1. Na wielu szlifowanych marmurach zbitych dostrzeżesz liczne resztki koralii. Do jakich wapieni zaliczysz marmury tego rodzaju ze względu na ich pochodzenie?

2. Sporządź szlify z rozmaitych wapieni zbitych, na których nie widać wolnym okiem resztek organicznych i rozpatrz je pod mikroskopem celem określenia, w jaki sposób powstały.

3. Pokrusz drobne kawałki marglu i wystaw je przez dłuższy przeciąg czasu na działanie mrozu, polewając co kilka dni wodą, aż się rozpadną zupełnie, tworząc masę jednostajną. Weź wtedy delikatny a mocny muslin i przeszlamuj w nim wszystko starannie. To, co pozostanie na muslinie, należy rozpatrzyć pod mikroskopem; mogą się znaleźć całe skorupki otwornic i t. p.

Węglany równopostaciowe z kalcytem.

57. Z pomiędzy węglanów, należących tutaj, dwa są ważne górniczo, jako cenne kruszce metali.

Syderyt¹⁾ ($T. = 35 - 45$, c. w. $= 37 - 39$) jest węglanem żelaza, $FeCO_3$, a skutkiem znacznej zawartości tego metalu — dobrym jego kruszczem. Krystalizuje się jak kalcyt i taką samą ma łupliwość, czyli jest z kalcytem równopostaciowy. Barwy zazwyczaj grochowo-żółtej, brunatnej i t. p.

Smitsonit²⁾, węglan cynku ($ZnCO_3$) i ważny kruszec tego metalu, tak samo nie różni się krystalizacją i łupliwością od kalcytu. Kryształy jego są zazwyczaj drobne i niewyraźne, bezbarwne, żółtawo-brunatne i t. p.

Trzeci z węglanów tej grupy zasługuje na uwagę dlatego, że nieraz, jak wapień, tworzy potężne masy skalne. Jest nim podobny do wapienia

Dolomit³⁾, $[CaMg(CO_3)_2]$, węglan wapniowo-magnezowy, także równopostaciowy z kalcytem. Białawy lub żółtawy, rzadko się znajduje w kryształach zupełnie przezroczystych. Nie burzy się z kwasami na zimno.

Znajduje się wcale nierzadko w wielkich masach o złożeniu krystalicznie-ziarnistym lub też w odmianach zbitych, tworząc nieraz całe skały i łańcuchy górskie. Skały dolomitowe odznaczają się często niezwykłą malowniczością, n. p. w Tyrolu lub u nas w Tatrach (kominy w dolinie Strążysk i t. p.).

Uwaga. Kalcyt, syderyt, smitsonit, odznaczając się wielkiem podobieństwem złożenia chemicznego ($Ca^{II}CO_3$, $Fe^{II}CO_3$, $Zn^{II}CO_3$, por. „Wiadom. z chemii II. wyd., str. 32.), także krystalizują się w takich samych postaciach, a prócz tego okazują łupliwość identyczną, według ścian rombohedru o wartościach krawędziowej, wynoszącej około $73^\circ - 75^\circ$. Zjawisko to nazywa się *równopostaciowością* albo *izomorfizmem*⁴⁾ i pozostaje w oczywistym związku z identyczną budową drobin (cząsteczek) ciał równopostaciowych. Ważną własnością związków tego rodzaju jest ich zdolność tworzenia t. zw. mieszanin izomorficznych. Kryształy, które powstają w roztworze, zawierającym kilka połączeń równopostaciowych, przedstawiają mieszaniny tego rodzaju, mimo zupełnej jednorodności z wejżenia.

¹⁾ sideros (gr.), żelazo; ²⁾ Od angielskiego chemika Smithsona, który pierwszy wykonał w r. 1803. dokładną analizę tego minerału. ³⁾ G. de Dolomieu, profesor mineralogii w Paryżu (1750—1802). ⁴⁾ isos (gr.), równy; morphé (gr.), postać.

Pytania i doświadczenia.

1. Jak odróżnisz wapień od bardzo podobnego dolomitu?
2. W jaki sposób stwierdzisz w smitsonicie obecność cynku, a w syderycie żelaza? (Por. tabl. na końcu podręcznika dla kl. IV.).
3. Weź roztwór zwykłego alunu bezbarwnego i alunu chromowego barwy fioletowej (por. zad. 1. i 3., str. 7. i 8.) i sporządź kilka mieszanin obu cieczy w rozmaitych stosunkach. Po pewnym przeciągu czasu powstaną kryształy w jednej mieszaninie jaśniejsze, w innej ciemniejsze. Jak to wytłumaczysz?
4. O jakich krzemianach wiesz, że są mieszaninami związków izomorficznych?

Inne węglany.

58. Aragonit¹⁾ ($T. = 3.5-4$, c. w. $= 2.9-3$) jest, jak kalcyt, węglanem wapnia (CaCO_3), krystalizuje się jednak zupełnie odmiennie, bo w ukł. rombowym (por. ryc. 74. a), często w bliźniakach kształtu słupów sześciobocznych, skutkiem zrośnięcia się trzech osobników (ryc. 74. b). Co do innych własności, bardzo zbliża się do kalcytu.

Jak z wody zwyczajnej, która zawiera rozpuszczony CaCO_3 , osadza się łatwo wapień, tak w wodzie ciepłej, o temperaturze wyższej niż 30°C. , powstaje w takim razie aragonit. Stąd znajdowanie się w przyrodzie aragonitu jest związane w wielu wypadkach ze źródłami gorącymi (Karlsbad).

Uwaga. Jeżeli porównamy aragonit i kalcyt, uderzy nas, że minerały te, jakkolwiek posiadają takie same złożenie chemiczne, krystalizują się zupełnie odmiennie. Nazywamy to *różnopostawościami* albo *heteromorfizmem*²⁾, a tłumaczymy odmiennym ciężarem drobinowym (cząsteczkowym) obu ciał. Wzór bowiem CaCO_3 dla kalcytu i dla aragonitu — tak jak wogóle wzory chemiczne minerałów — oznacza, że w drobinie ich na każdy atom wapnia przypada jeden atom węgla i trzy atomy tlenu, określa zatem stosunek ilości rozmaitych atomów jednej cząsteczki, ale nie wielkość drobin. Odmienne własności postaciowe i t. p. wskazują na to, że różnią się one właśnie ciężarem cząsteczkowym, i dla drobin kalcytu przyjmuje się 3CaCO_3 , a dla aragonitu 4CaCO_3 .

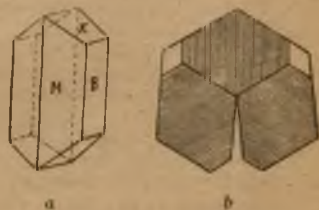
Malachit³⁾ jest wodnym węglanem miedzi; rzadko skrystalizowany (w ukł. jednoskośnym), zazwyczaj znajduje się tylko w masach zbitych lub krystalicznych, często postaci nerkowatej i o złożeniu włóknisto-promienistym. Odnacza się świetną barwą zieloną, a ponieważ daje się łatwo obrabiać i przyjmuje ładny połysk, bywa używany do wyrobu ozdobnych przedmiotów. Towarzyszy bardzo często rozmaitym kruszcom miedzi, będąc produktem ich rozkładu, a pseudomorfozy malachitu po tych minerałach i po miedzi rodzimej nie należą do rzadkości.

Azuryt⁴⁾, barwy pięknie ciemno-niebieskiej, krystalizuje się także jednoskośnie. Towarzyszy zazwyczaj malachitowi, od którego różni się tylko nieznacznie swem złożeniem chemicznym; znajduje się zwykle razem z malachitem.

Siarczany.

59. Baryt⁵⁾ ($T. = 3-3.5$, c. w. $= 4.3-4.7$) jest siarczanem baru (BaSO_4); krystalizuje się w ukł. rombowym (por. ryc. 75.). Jest zwykle bezbarwny, biały lub żółtawy

Ryc. 74.

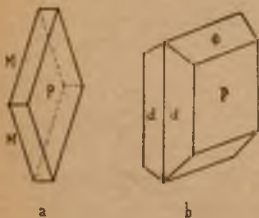


a) Kryształ aragonitu. $M: \infty P$; $K: \frac{1}{2} \infty$; $B: \infty \frac{1}{2} \infty$. b) Bliźniak z trzech zrośniętych z sobą osobników w przekroju poziomym.

¹⁾ Od Aragonii, prowincyi hiszpańskiej. ²⁾ hétéros (gr.), różny, odmienny; morphé j. w. ³⁾ maláche (gr.), malwa. ⁴⁾ (l')azur (franc.), błękit nieba. ⁵⁾ barýs (gr.), ciężki.

i t. p. Łupliwość doskonała równoległe do $\infty P \infty$. C. w. stosunkowo znaczny i stąd nazywa minerału.

Ryc. 75.



Kryształy barytu.

a) P: $\infty P \infty$; M: $P \infty$;
b) d: ∞P ; P: $\infty P \infty$; o: $P \infty$.

Anhydryt¹⁾ jest siarczanem wapnia (CaSO_4), który różni się od gipsu brakiem wody, zupełnie odmienną postacią kryształów ukł. rombowego, wreszcie nieco większą twardością i ciężarem właściwym.

Osadza się z roztworu CaSO_4 w nasycenym roztworze wodnym soli powyżej temperatury 35°C ; w odpowiednich warunkach przemienia się stosunkowo łatwo w gips. To też nic dziwnego, że oba minerały często towarzyszą sobie, a całe pokłady anhydrytu, w towarzystwie gipsu i soli, są zwykłym zjawiskiem. U nas w Bochni i Wieliczce znajduje się nieraz w postaci t. zw. „kamienia trzewiowego”. Są to cienkie warstewki anhydrytu wśród iltu solnego, bardzo gęsto i mocno połudowane.

Doświadczenia i zadania.

1. Weź sproszkowany gips, wsyp do naczynia i nalej wodą destylowaną. Po pewnym przeciągu czasu zlej tę wodę i zbadaj, czy znajduje się w niej rzeczywiście gips rozpuszczony (por. tablice na końcu podręcznika chemii i mineralogii dla kl. IV.).

2. W jednym litrze wody destylowanej rozpuść około 27,2 g soli kuchennej, 3,4 g chlorku magnezowego, 2,3 g siarczanu magnezowego, 1,3 g gipsu i 0,6 g chlorku potasu; otrzymasz w ten sposób wodę zbliżoną złożeniem chemicznym do zwyczajnej wody morskiej. W wąskiej a długiej probówce poddaj ten roztwór powolnemu odparowaniu i określ, ile wody musi z niego ubyć, zanim osad zacznie się tworzyć.

3. Po zupełnym odparowaniu wody zbadaj własności osadu (próby chemiczne wykonaj według tablic na końcu podręcznika chemii i mineralogii dla kl. IV.) i staraj się określić kolejność tworzenia się poszczególnych składników.

4. Przyjawszy, że średnia głębokość mórz wynosi 3,750 m, a powierzchnia 365 milionów km^2 , oblicz, jakie zapasy soli kuchennej przedstawiają mniej więcej morza kuli ziemskiej i podaj tę ilość w jednostkach ciężarowych (1 kg, 1 q, 1 t) i objętościowych (1 m^3 , 1 km^3). Porównaj w tym celu skład wody morskiej w zad. 2. i c. w. soli na str. 60.

5. Wyrachuj, jak grube złoża solne, średnio biorąc, powstałyby na dnie wszystkich mórz, skutkiem ich zupełnego wyparowania.

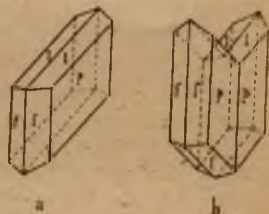
6. Znane są pokłady soli kamiennej grubości około 1,000 m (Sperrenberg koło Berlina). Ile razy musiałyby morze średniej głębokości raz po raz wyparować, aby powstał osad tak potężny? Czy przypuszczenie tego rodzaju jest prawdopodobne, a nawet możliwe?

O składzie wody morskiej i tworzeniu się pokładów soli kamiennej.

60. Pokłady gipsu i anhydrytu, o których już była mowa, tudzież soli kamiennej, o której z kolei później będziemy mówili, powstały jako

¹⁾ anhydryt (gr.), bezwodny.

Ryc. 76.



Kryształy gipsu. (b bliźniak).

f: ∞P ; l: P; p: $\infty P \infty$.

osad słonych jezior, a niekiedy *wody morskiej*. W morzach woda zawiera około 3-5% stałych części mineralnych, w niej rozpuszczonych. Z tego najwięcej przypada na sól kamienną (NaCl), prócz której znajduje się jeszcze dosyć chlorku i siarczanu magnezowego ($MgCl_2$ i $MgSO_4$), nadającego wodzie morskiej smak mocno gorzkawy, a wreszcie chlorek potasu (KCl) i bardzo nieznaczne ilości połączeń bromu, gipsu i jodu, tudzież węglanu wapnia (por. str. 58., zad. 2.).

Odparowując zwolna w naczyniu taką wodę, zobaczymy, że przychodzi chwila, w której zaczynają się osadzać na dnie stałe składniki, w niej rozpuszczone, oczywiście kolejno według stopnia nasycenia nimi roztworu w danej temperaturze. W przyrodzie, w pewnych szczególnych warunkach, widzimy to samo, tylko w olbrzymich rozmiarach i w ten sposób mogą powstawać całe pokłady n. p. gipsu lub soli.

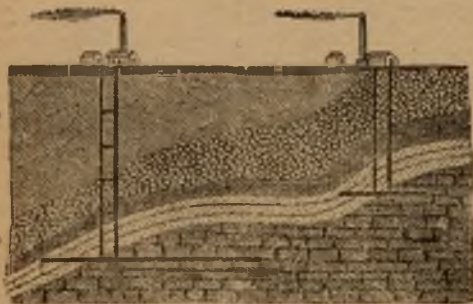
61, *Proces tworzenia się złożu soli kamiennej* i t. p. możemy śledzić najlepiej w wielu t. zw. słonych jeziorach, których woda składem swym nieraz zbliża się mniej lub więcej do wody morskiej. Znajdujemy je n. p. w ogromnej ilości na stepach astrachańskich, a wzdłuż wybrzeży morza Kaspijskiego tworzą się ciągle jeziora tego rodzaju, skutkiem odcinania się coraz innych zatok i lagun. Z jezior dawniejszych największym jest Eltońskie. W niem rok rocznie w ciągu gorącego lata osadza się najpierw cienka warstewka gipsu, potem sól kamienna, a w zimie nawet sól gorzka ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Podobnem jeziorem słonem o bardzo zagęszczonej wodzie jest także Morze Martwe. Osadzanie się soli kamiennej w jeziorach tego rodzaju z roku na rok, w ciągu całych tysięcy lat, dało początek przeważnej części pokładów tego minerału. Szczególnie korzystne warunki, potrzebne do wytworzenia się złożu solnych, przedstawiają głębokie zatoki mórz zamkniętych lub rozległych jezior śródlądowych, połączonych z głównym basenem wązką a płytką cieśniną — byle znajdowały się w odpowiednio suchym klimacie. W miarę, jak parowanie postępuje w basenie tego rodzaju, napływa do niego ciągle przez cieśninę świeża woda morska z nowymi zasobami soli. Skutkiem tego może przyjść wreszcie do takiego zagęszczenia się wody w zatoce, że rozpuszczone w niej ciała mineralne zaczynają się osadzać kolejno, jak w naszym doświadczeniu na str. 58. Proces tego rodzaju widzimy obecnie w zatoce morza a właściwie jeziora Kaspijskiego, zwanej Kara-Bugaz.

Dla olbrzymich złożu solnych środkowych Niemiec (Stassfurt i okolica, Sperrenberg pod Berlinem, gdzie wierceniami stwierdzono złożu soli grubości przeszło 1.000 m), sięgających aż po nasz Inowrocław, przyjmują dzisiaj, że jest to utwór głębokiego i rozległego morza śródlądowego, które w klimacie pustyniowym, zwolna, od brzegów wysychało. Rzeki, które do niego uchodziły, przynosząc z sobą sól rozpuszczoną z pokładów, jakie się już osadziły u dawnych wybrzeży, zasalały w ten sposób coraz mocniej kurczące się ciągle morze, w miarę czego narastały grube pokłady soli kamiennej w jego środkowej, najgłębszej części. Osadem odciętej zatoki morza jest sól wielicka, jak tego dowodzą znajdowane w pokładach solnych skamieniałości mięczaków morskich, koralu, otwornicy i t. p.

Przy powolnem zagęszczaniu się wody mórz i słonych jezior pokłady związków potasowych i magnezowych są ostatecznym produktem osadzania się rozpuszczonych soli. Zgodnie z tem znajdujemy rzeczywiście w niektórych kopalniach (n. p. Stassfurt w Prusiech, koło Magde-

burga, ryc. 77. Kałusz, także Stebnik na Podkarpaciu) nad gipsem, anhydrytem i solą, pokłady minerałów takich, jak epsomit (sól gorzka, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), kizeryt ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), kainit ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), kar-nalit ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), sylwin (KCl) i t. p. Miejsca takie należą jednak

Ryc. 77.



Przekrój przez kopalnię w Stassfurcie. a — piaskowiec pstry; b — gips; c — margiel; d — sole magnezowo-potasowe; e — sól kamienna.

na nowo serya osadów, już przedtem wytworzonych. Stąd (między innymi) rozmaite niepozorne nieprawidłowości w następstwie warstw gipsu lub anhydrytu, soli kamiennej i minerałów potasowo-magnezowych — nawet tam, gdzie w tej seryi żadnego ognia nie brakuje.

62. Słone jeziora, z których kilka wymieliśmy powyżej, znajdują się w rozmaitych częściach świata. W Azji widzimy je koło jeziora Aralskiego, w Persyi i w Tybecie; w półn. Afryce również nie należą do rzadkości, a niektóre z nich odznaczają się swemi olbrzymimi rozmiarami, n. p. jezioro Tsad; posiada je także Australia, z jezior zaś amerykańskich głośnem jest jezioro Utah; wreszcie morze Kaspijskie nie jest właściwie niczem innem, jak tylko olbrzymiem, słonym jeziorem.

Powstanie ich tłumaczy się rozmaicie. Jedne są ostatnią pozostałością morza, które dawniej zalewało te kraje; do jezior tego rodzaju należy morze Kaspijskie, czego dowodzi jego fauna, w której nawet nerpy widzimy obok morskich małżów i ślimaków. O innych znowu wyobrażamy sobie, że powstały na odmiennej drodze, mianowicie przez zasolenie jezior bez odpływu. Rzeki, uchodząc do nich, unoszą bowiem zawsze drobne ilości rozpuszczonej soli, gipsu i t. p., to też w ciągu tysięcy lat wspomniane związki mineralne mogły się zgęścić w ich wodzie do tego stopnia, że jeziora wreszcie stały się słone.

Na morzu Kaspijskiem można widzieć, jak jeziora tego rodzaju tworzą się z zatok, które się oddzieliły od reszty morza.

Obok właściwych jezior słonych istnieją jeziora sodowe, boraksowe i t. p. z nazwą od odpowiedniej soli, która w ich wodzie przeważa.

Solowce. (Chlorki, fluorki i t. p.).

Ryc. 78.



Kryształ soli kamiennej ($\infty\text{O}\infty$).

63. Sól kamienna ($T. = 2$, c. w. = $2.1-2.2$), będąca chlorkiem sodu, NaCl , krystalizuje się prawie wyłącznie w sześciianach (por. ryc. 78.), będących jakby kombinacją wszystkich trzech dwuścianów (dw. podstawowy, poprzeczny i podłużny) ukł. równoosiowego; znak dla sześcianu $\infty\text{O}\infty$ (por. § 16.). Jest bezbarwna i przezroczysta, często szara lub zielonawa, niekiedy zabarwiona na niebiesko lub czerwono. Łupliwość ma doskonałą, według $\infty\text{O}\infty$.

Zazwyczaj znajduje się w całych pokładach, jako sól ziarnista (por. ryc. 79); niekiedy okazuje budowę pręcikową lub włóknistą.

W Polsce mamy wielkie bogactwo soli na Podkarpaciu (sól kamienna, solanki); prócz tego złoża soli kamiennej posiadamy na Kujawach (kopalnia w Inowrocławiu), a w ostatnich czasach stwierdzono je wierceniami także na Śląsku Opolskim w okolicy Rybnika.

Karnalit¹⁾ Była już o nim wzmianka przy sposobności opisu tworzenia się chemicznych osadów (por. § 61., str. 60.). Mineral ten jest połączeniem chlorku magnezowego i potasowego, zawierającym wodę ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$); w naturze zazwyczaj w ziarnistych masach krystalicznych. Bezbarwny, bywa często czerwono zabarwiony mikroskopijnie drobnymi łusczkami hematytu. W wodzie bardzo łatwo rozpuszczalny.

Odparowując wodę morską, można z niej otrzymać osad karnalitu. W Persyi są słone jeziora, w których ten mineral osadza się na drodze naturalnej. Karnalit, rozkładając się pod działaniem wody, tworzy:

Sylwin²⁾, chlorek potasu (KCl), z wielu względów bardzo podobny do soli kamiennej, od której można go jednak odróżnić po smaku gorzkawo-słonym.

Oba minerały znajdują się w Stassfurcie i Kałuszu, tworząc razem z innymi solami potasowymi i magnezowymi całe pokłady ponad solą kamienną.

Fluoryt ($T. = 4$, c. w. = $3.1-3.2$) jest fluorkiem wapnia (CaF_2). Krystalizuje się w ukł. równoosiowym, zazwyczaj w sześcianach, $\infty O \infty$; często znajduje się w masach krystalicznie-ziarnistych. Bezbarwny, cho-

Ryc. 79.

Płn.

Szyb Franciszka Józefa.

Płd.



Przekrój przez pokłady wielickie. Według prof. Niedźwiedzkiego.

1. ilt solny wierzchni; 2. margiel solny brunatny; 3. ilt solny z anhydrytem; 4. piaskowiec solny
5. sól zielona; 6. sól spizowa; 7. sól szybikowa (5, 6, 7, trzy gatunki soli rozróżniane w Wieliczce).

ciaż zazwyczaj zabarwiony na fioletowo, zielono, żółtawo i t. p. Łupliwość doskonała według ścian O .

Towarzyszy często rozmaitym kruszcom, osadzony w szczelinach wraz z innymi minerałami.

Zadania i pytania.

1. Oznacz stosunki symetrii sześcianu i powiedz, czemu ściana jego musi się powtórzyć sześć razy?
2. Jaką znasz jeszcze postać z taką samą symetrią, a więc z tej samej klasy układu równoosiowego?
3. Skąd się bierze symbol sześcianu $\infty O \infty$ (por. § 16., str. 15.)?

¹⁾ Od nazwiska znakomitego górnika Carnalla. ²⁾ Od nazwiska F. Sylwiusa, lekarza.

4. Jaka prosta próba chemiczna pozwoli ci łatwo odróżnić sylwin od soli kamiennej?

5. Weź zielony kryształ fluorytu z Kumberlandu i oglądaj go w dziennem świetle przepuszczonem i odbitem; w pierwszym wypadku będzie zielony, w drugim okaże barwę niebieską. Zjawisko to nazywamy *fluorescencyą*.

6. Czy znasz jeszcze jakieś inne ciała, które fluoryzują, chociaż inaczej co do barwy?

O działaniu mechanicznem wody, o lodowcach i działaniu wiatrów — jako czynnikach geologicznych.

64. Mówiliśmy już dawniej o chemicznem oddziaływaniu wody na skorupę ziemską i jej składniki, a dopiero co poznaliśmy owe potężne chemiczne osady, które tworzą się w postaci pokładów gipsu, anhydrytu, soli i t. d. w jeziorach słonych, zaś wśród pewnych szczególnych warunków mogą powstawać w naturze z wody morskiej. Jest to jednak tylko jedna strona znaczenia wody, jako czynnika geologicznego. Druga strona, to działanie jej mechaniczne na powierzchnię ziemi.

Już *deszcz*, spadając kroplami, powoduje w ten sposób mechanicznie powolne kruszenie się skał na powierzchni, a splukując warstwy

Ryc. 80.



Dolina Ojcowska.

zwietrzałe, wywołuje obnażanie się coraz starszych pokładów. Niemniej doniosłe w skutkach jest *marżnięcie wody* w szczelinach skał, która w takim razie rozsądza je powoli, skutkiem powiększania swej objętości. Gruz, jaki powstaje skutkiem tego, częścią wietrzeje na miejscu, tworząc stożki nasypowe i t. p., częścią dostaje się do koryta rzek i potoków.

Kamienie, unoszone prądem wody płynącej,

kruszą się na coraz mniejsze kawałki, przytem trąc o siebie, gładzą się wzajemnie i tworzą żwir, piasek, a wreszcie muł. Równocześnie zaś widzimy, że woda płynąca pogłębia nieustannie dno koryta, właśnie przy pomocy tego materiału unoszonego przez nią, a wodospady które spotykamy na niektórych rzekach, oczywiście przyspieszają niszczące jej działanie. W geologii ta mechaniczna praca rzek i potoków nosi miano wymywa-

jącego działania lub krótko *erozyi*¹⁾ *rzecznej*, doliny zaś, które powstają w ten sposób, nazywają się *erozyjnymi*. Zawdzięczają one zarówno swoją rzeźbę, jak i swoje powstanie działaniu wód płynących i nieraz odznaczają się niezwykle malowniczością, n. p. znana z swej piękności, uroczą dolina Ojcowska w ziemi Krakowskiej, która powstała skutkiem wrzynania się coraz głębiej w pokłady wapienne płynącej tamtędy rzeki Prądnika (ryc. 80.). W Stanach Zjednoczonych rzeka Yellowstone (czyt. Jelloston) w stanie Wyoming i Kolorado w stanie Arizona wyżłobiły sobie wązkie koryto, wśród pewnych szczególnych, sprzyjających temu warunków, miejscami do 2.000 m głębokie (por. ryc. 81.), a i nasze rzeki podolskie płyną głębokimi jarami, które powstały w podobny sposób. Takie głębokie i wązkie doliny erozyjne noszą nazwę „kenionów”²⁾.

Ryc. 81.



Wielki kenion rzeki Kolorado w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. Wedle fotografii z natury.

Erozya wód płynących objawia jednak się nie tylko pogłębianiem, względnie przy odpowiednich warunkach rozszerzaniem koryta (*erozya w głąb i erozya boczna*). Skutkiem bowiem wymywania rzeka może także posuwać wstecz swoje źródła, co prowadzi nieraz do zupełnego przepięłowania całych działów wodnych (*erozya wsteczna*); w ten sposób powstały niektóre t. zw. *doliny przełomowe*.

Erozya wsteczna powoduje przytem niekiedy jeszcze jedno ciekawe zjawisko. Jeżeli mianowicie strumień, po przecięciu w taki sposób działu wodnego, dostanie się swą górną częścią do doliny położonej wyżej, którą również płynie rzeka, to może ona teraz zwrócić się z kierunkiem silniejszego spadku w jego koryto, tracąc dalszą część biegu i ujście pierwotne; nazywamy to „*ścięciem rzeki*” (por. ryc. 82—84.). W ten sposób rzeki i stru-

¹⁾ erodo (łac.), wygryzam. ²⁾ canon (hiszp.), rura, jar.

nienie nieraz toczą między sobą pewnego rodzaju walkę o granice dorzecza, skutkiem czego może przychodzić do zmian dużego znaczenia w sieci hydrograficznej.

Ryc. 82.



Na lewo źródłiskowa część biegu dwóch strumieni, na prawo większa rzeka. (Model według Sawickiego).

Ryc. 83.



Skutkiem „erozji wstecznej” jeden z potoków cofnął swoje źródła aż do doliny rzeki, wcinając się w nią z wolna. (Model według Sawickiego).

65. Jak potężne jest działanie wód płynących, o tem poucza nas nie tylko erozja czyli ich praca niszcząca, ale także praca twórcza, która

Ryc. 84.



Rzeka, znajdując nowy odpływ z silniejszym spadem, zmienia swój bieg i ulega „cięciu”. (Model według Sawickiego).

polega na transportowaniu i osadzaniu unoszonego przez wodę mułu, piasku, żwiru i t. p. Rzeki osadzają ten materiał (*akkumulacja*¹⁾ rzeczna) częścią wzdłuż swego koryta, zwłaszcza w dolnym biegu, tworząc w ten sposób t. zw. pokłady na płycowce, częścią aż w dalekim morzu u ujścia, gdzie skutkiem tego mogą powstawać t. zw. delty²⁾ (por. ryc. 85.). Obliczono, że Missisipi unosi z sobą rocznie do morza —

Ryc. 85.



Delta Missisipi.

¹⁾ accumulo (łac.), gromadzę. ²⁾ Od wielkiej litery greckiej, którą przypomina kształtem.

oczywiście z całego dorzecza — prawie 211 milionów m^3 tego materiału, Pad 11 $\frac{1}{2}$, a Tamiza $\frac{1}{2}$ miliona. To też nie można się dziwić, że delta Missisipi ma obszar tak wielki, jak cała Belgia.

66. W dolinach wielu rzek można widzieć, że ciągną się wzdłuż nich jakby progi szersze i węższe, które kilku stopniami wznoszą się nad poziomem najwyższego stanu wody w dobie obecnej (porównaj ryc. 86.). Są to t. zw. terasy rzeczne albo dolinowe. Odpowiadają one w historyi tworzenia się danej doliny okresom zanikającej erozyi wgłąb, podczas gdy każdy odstęp między jedną terasą a drugą zaznacza wzmożoną czynność erozyjną. Terasy mogą być „skalne” i „napływowe”: pierwsze są jakby wycięte w warstwach, które tworzą stoki doliny, i okazują jeszcze czasem tu i ówdzie ślady żwirów rzecznych, drugie są utworzone wyłącznie przez warstwy napływowe, które dolinę wy-

Ryc. 86.



Terasy nad rzeką Connecticut w New-Hampshire w Ameryce Północnej. Według Touli.

pełniają terasowo. W każdym z tych wypadków terasa najwyższa jest najstarsza, najmłodsza znajduje się najbliżej dzisiejszego poziomu wody.

Powstanie teras skalnych mogły spowodować przyczyny rozmaite. Każda rzeka, po wcięciu się do pewnego poziomu, przestaje z powodu zmniejszonego spadku pracować wgłąb, i wijąc się, rozszerza tylko dolinę. Przypuśćmy wszakże, że skutkiem jakichś ruchów, którym ulega skorupa ziemi, obszar danego dorzecza potem podniósł się nieco w górę, to zwiększył się skutkiem tego odstęp między poziomem, w którym woda uchodzi do morza, i poziomem jej źródeł, wzrósł zatem spadek rzeki i zaczyna się ona wcinąć ponownie. Z czasem, w miarę postępu erozyi, zmniejsza się jednak znowu nachylenie koryta, rozpoczyna się zatem powtórnie praca nad rozszerzeniem doliny i w ten sposób z jej dna pierwotnego pozostają wreszcie tylko wąskie smugi, tworzące właśnie terasę. Kilkakrotne powtórzenie się tego procesu daje początek całemu systemowi teras skalnych, jednych nad drugimi. Analogicznie tworzyły się terasy napływowe, skutkiem następowania po sobie dwu okresów, a to gromadzenia się w dolinie osadów rzecznych, w miarę zwiększania się

zdolności akumulacyjnych strumienia i potem wcinania się wody w osadzone wprawdzie napływy, jeżeli wzrosła jej siła erozyjna kosztem akumulacji (por. ryc. 87.). Materiał żwirowy teras nadrzecznych poucza, jakie obszary przecinała dana rzeka i jej dopływy i pozwala na wnioski o przeobrażeniach, którym jej dorzecze ulegało w kolei czasów. W wielu wypadkach nie ruchy skorupy ziemskiej, lecz n. p. zmiany w ilości opadów atmosferycznych mogły powodować powstawanie teras, towarzyszących rzekom.

Ryc. 87.



Terasy napływowe. a) starsza; b) młodsza.

Tak więc widoczna z tego wszystkiego, że doliny mają swoją historję, nieraz bardzo ciekawą. Przechodzą przylem przez okres „młodości“, w którym przy bystrym spadku rzeki i silnej erozyi wgłęb odznaczają się stromemi zboczami i często wodospadami lub co najmniej bystrzami, z czasem „dojrzewają“, a wreszcie chylą się ku „zgrzybiałości“, w miarę, jak przy coraz zmniejszającym się spadku i słabnącej erozyi akumulacja bierze nad nią górę, wietrzenie

Ryc. 88.



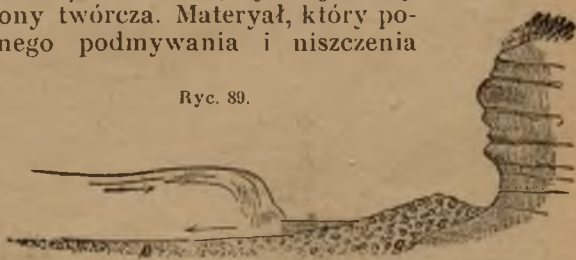
Skały nadbrzeżne w Étretat (Francja) nad kanałem La Manche podczas odpływu morza. Według ilustracji w „La terre“.

i denudacja zmniejszają stromość stoków, obniżając je coraz bardziej, a kształty w młodości ostre i śmiałe, łagodnieją i zaczynają się wyrównywać. Niech jednak tylko z jakiegokolwiek przyczyny zwiększy się spa-

dek, zmieni ilość opadów lub t. p., zaraz ten naturalny rozwój ulega przerwie, dolina „się odmładza“.

67. Widzieliśmy, jak rzeki zwolna rzeźbią powierzchnię lądów i unosząc do morza mnóstwo materyału, który powstaje podczas tego, obniżają je ustawicznie. Równocześnie pracuje także morze, niszcząc kontynenty u brzegów. Następstwem tego przedewszystkiem tworzenie się u wybrzeży skalistych płaskiej t. zw. terasy nadbrzeżnej, podczas odpływu odslanianej, zalewanej przez fale podczas każdego przypływu.

Przekonano się, że w niektórych miejscach wybrzeży wschodniej Anglii, gdzie brzeg morski tworzą skały mniej zwieźle i łatwiej wietrzejące, morze — krusząc brzegi — posuwa się w głąb lądu 6—8 cm i więcej na rok. To niszczące działanie fal morskich objawia się zresztą na skalistych wybrzeżach bardzo często szczególną postacią odosobnionych skał, sterczących z wody, naturalnemi bramami olbrzymimi, które przebiły potężne uderzenia fali i t. p. (por. ryc. 88.). Na Helgolandzie skutki mechanicznej pracy fal morskich są szczególnie wyraźne, a dzisiejsza wysypka jest, jak wskazują dawne karty, tylko małą resztą sporej wyspy, która wznosiła się tutaj przed 1000 lat ponad zwierciadłem wody. Niemniej jednak i *praca mechaniczna fal morskich*, z jednej strony niszcząca, jest z drugiej strony twórcza. Materyał, który powstaje skutkiem ustawicznego podmywania i niszczenia brzegów morza, każda cofająca się fala unosi z sobą; cięższe, a więc większe okruchy pozostają tuż u brzegu, a lżejsze porywa woda i osadza dalej wraz z delikatnym mułem, dostarczany przez rzeki (por. ryc. 89.).



Działanie fal morskich u wybrzeży. g — gruz; p — piasek.

68. W ten sposób z materyału jużto unoszonego przez rzeki, jużto gromadzącego się dzięki mechanicznemu działaniu fal morskich, tworzy się wzdłuż koryta rzek i wzdłuż wybrzeży lądów pas *osadów mechanicznych*, z których powstają po stwardnieniu rozmaite piaskowce, zlepińce i t. p., a z części zupełnie rozrartych warstwy ilaste. Są to wszystko t. zw. skały okruczowe.

Doświadczenia, zadania i pytania.

1. Zbadaj, jakie skały tworzą żwir wiślany koło Krakowa i w Dunajcu koło Nowego Targu (można wziąć do porównania inne rzeki, lub inne miejscowości). Wytlómacz przyczynę różnicy między żwirami jednymi i drugimi.

2. Porównaj żwir Dunajca koło Nowego Targu, pod Nowym Sączem i w Tarnowie. Wykaż, o ile różni się w tych miejscach, i wytłómacz przyczynę tego. (Przytem weź na uwagę źródła rzeki, jej bieg i rozmaita wytrzymałość skał, które dostarczyły materyału na żwiry.).

3. Weź opiłki, piasek i trociny, wrzuć je do obszernego naczynia ze zwykłą wodą, wymieszaj dobrze, a następnie zostaw w spokoju. Śledź proces osadzania się tych cząstek i przypatrz się, jak będzie wyglądał osad na dnie.

4. Wypełnij jedno naczynie szklane wodą czystą, a drugie zasoloną; wrzuć do obu naczyń nieco części ilastych, wymieszaj je dobrze i zostaw w spokoju, a zauważysz, że woda słona rozjaśni się już po godzinie, podczas gdy ciecz w drugim naczyniu w ciągu kilku dni pozostanie mętna. Gdzie tworzenie się osadów mechanicznych w przyrodzie jest ułatwione przez warunki, które wskazuje to doświadczenie?

5. Zbadaj i daj wyjaśnienie tego, co dzieje się zazwyczaj u ujścia jednych potoków do drugih.

6. Uważaj, w których miejscach stawy, posiadające dopływy, poczynają zarastać i wytłomacz przyczynę tego; z jakim zjawiskiem u wybrzeży morskich można to porównać?

7. Zbadaj, gdzie na zakrętach potoków znajduje się brzeg stromy, a gdzie płaski, i jaki proces geologiczny odbywa się na jednym brzegu, a jaki na drugim.

8. Zmierz szybkość prądu potoku w miejscu prostym koryta pośrodku i u jednego z brzegów, zaś na zakrętach — i pośrodku i u obu brzegów. Zrób to przy niskim i przy wysokim stanie wody. W tym celu odmierz wzdłuż brzegów pewną ilość metrów i określ z zegarkiem sekundowym w ręku, ile potrzeba czasu, aby korek odbył tę drogę z prądem rzeki. Szybkość określa się ilością metrów w jednej sekundzie.

9. Wyjaśnij, w jaki sposób powstają t. zw. „starorzecza“, kształtu nieraz prawie kolistego, a oddzielone zupełnie od dzisiejszego koryta rzek.

10. Powstawanie wodospadów jest często skutkiem kolejnego następstwa warstw twardszych i miększych w korycie rzeki. Twardsze z nich tworzą właśnie owe progi, z których woda rzuca się wodospadem.

Związek pomiędzy tworzeniem się wodospadów i budową geologiczną danego miejsca można łatwo wykazać następującem doświadczeniem. Jeżeli w domu, w którym mieszkasz, są odpowiednio szerokie a niskie schody kamienne, wypełnij je do pewnej wysokości gliną, tak, aby powstała jedna płaszczyzna pochyła. Następnie z góry puść zwolna nieduży strumień wody. Strumień ten spływając, tworzy nihy rzekę. Skutkiem swojej siły erozyjnej woda łąbi łatwo i szybko koryto w miękkiej glinie, a w miejscu, gdzie się znajdują twarde stopnie kamienne, powstają wodospady.

69. Podobnie, jak wody płynące, działają na skorupę ziemską lodowce.

Ryc. 90.



Lodowiec Rodanu w Szwajcaryi.

Szczyty wysokich gór są pokryte śniegiem, który nigdy nie topi się zupełnie. Ilość jego zatem z każdym rokiem musiałaby się powiększać, gdyby nie to, że zsuwa się on ciągle ze szczytów w doliny w postaci lawin śnieżnych albo lodowców. Lodowce powstają z gromadzącego się na szczytach śniegu, który z czasem przeobraża się w gruzelkowaty t. zw. „firn“. Zbijając się w dolnych częściach pod ciśnieniem warstw wyższych w coraz twardszą masę, daje on wreszcie początek jakby rzece lodu, która dobywa się z pod zwalów śniegu i spływa zwolna spotkaniami dolinami aż do tego miejsca, gdzie z powodu zwiększonego ciepła obtapia się z niej tyle, ile ciągle z góry przyhywa. Jest to właśnie lodowiec. Grubość lodowców nieraz przekracza znacznie 100 m, a powierzchnia przedstawia liczne pęknięcia, szczeliny i przepaści, sięgające bardzo głęboko. Wody, płynące spodem skutkiem obtapiania się lodu na powierzchni, tworzą często strumień, który wypływa u jego czoła jakby z wielkiej groty lodowej (por. ryc. 90.). Nieraz lodowce dają w ten sposób początek potężnym rzekom.

Na lodowiec padają z otaczających skał kamienie, które on unosi z sobą jako t. zw. moreny powierzchniowe, „boczne“ i „środkowe“, i sypie z nich wreszcie u swego końca niły olbrzymi wał z głazów i odłamów skalnych, zwany moreną „czołową“. Mnóstwo tych kamieni dostaje się jednak przez liczne i głębokie szczeliny pod spód spływającego lodowca, który miażdży je w części i rozciera, tworząc z tego materiału t. zw. morenę „denną“, a równocześnie szlifuje nimi swoje koryto. Stąd miejsce, po którym spływał lodowiec, jest zwykle wygładzone i pokryte charakterystycznymi szramami; takie same rysy okazują kamienie, którymi lodowiec tarł o dno swoje (por. ryc. 91.). Morenę denną tworzą rozmaite gliny, łyły i piaski z licznymi głazami większymi i mniejszymi (*akкумуляция лодовцова*).

Ryc. 91.



Kamień z szramami lodowcowymi.

Oczywiście te olbrzymie masy lodu, z materiałem morenowym u spodu, działają erozyjnie na dolinę, którą wypełniają, przyczem nadają jej charakterystyczny przekrój kształtu wielkiej litery U (*erozyja lodowcowa*).

Łądy podbiegunowe, n. p. Grenlandya, są pokryte olbrzymim płaszczem lodowym, grubości zdala od wybrzeży znacznie powyżej 1000 m; dochodzi on aż do morza, gdzie odrywają się od niego ogromne masy lodu w postaci pływających gór lodowych.

Na początku czasów dyluwialnych, które bezpośrednio poprzedziły erę obecną (istniał już wówczas na kuli ziemskiej człowiek), panował klimat i chłodniejszy i bardziej wilgotny, niż teraz. To też cała Europa północna i znaczna część środkowej pokryły się podczas tej „epoki lodowej“ potężnym całunem lodu, który z półwyspu Skandynawskiego i z Finlandyi spływał, unosząc mnóstwo odłamów granitu i innych skał tamtejszych. Po ustąpieniu owego lodowca pozostał po nim materiał morenowy w postaci lodowcowych glin, piasków i t. p., tudzież głazów wspomnianych, zwanych dzisiaj „narzutowymi“ albo „erratycznymi“.

W Tatrach i w najwyższej części Karpat wschodnich istniały wtedy lodowce miejscowe, jak w dzisiejszych Alpach.

Doświadczenia i zadania.

1. Weź nieco świeżego śniegu, wrzuć do moździerza i bij następnie tłuczkiem; śnieg wnet zamieni się w zbitą masę lodu. Porównaj to z tworzeniem się lodowca.

2. Podaj podług mapy na końcu książki granice lodowca północnego w Polsce.

3. Jeżeli mieszkasz na obszarze, objętym temi granicami, zestaw zbiór głazów narzutowych, jakie się znajdują w okolicy i spróbuj je oznaczyć.

70. Między czynnikami, kształtującymi skorupę ziemską, odgrywają jednak pewną rolę także prądy powietrza czyli *wiatry*. Lotne piaski,

Ryc. 92.



Ściany lessowe w Michałowszczyźnie koło Lwowa.
(Rycina prof. Friedberga).

które znajdują się w niektórych okolicach i w naszym kraju, tworząc ruchome wydmy piaskowe, są oczywistym przykładem działania wiatrów w ten sposób. Bez porównania poleźniejsze wydmy powstają w wielu miejscach u wybrzeży morskich z piasku wyrzucanego na brzeg przez fale morza. Nie trudno i o dalsze przykłady. Ważną rolę odgrywa u nas jasno-żółta, wapnista glina „eolicznego”¹⁾ pochodzenia, zwana *lessem*²⁾ (por. § 44.). Znajdujemy w niej nieraz kości mamuta i innych ssaków, tudzież skorupy pewnych ślimaków lądowych. Less powstał z pyłu mineralnego, który wiatr unosi i następnie osadza, dając w ten sposób początek utworom nieraz znacznej miąższości. Ponieważ erozya wodna odbywa się w takiej glinie bardzo łatwo, więc w wielu miejscach, gdzie less dobrze rozwinęły, tworzą się charakterystyczne doliny o wysokich, prawie prostopadłych ścianach (por. ryc. 92.), często terasowo ułożonych.

¹⁾ eolius (łac.), wietrzny. ²⁾ Nazwa, używana pierwotnie nad Renem.

W Chinach less dochodzi grubości czasem paruset metrów, wpływając w znacznej mierze na charakter krajobrazu prowincyi północnych.

Wiatry działają przytem na powierzchnię ziemi, jako czynnik geologiczny, jeszcze w inny sposób. Z jednej strony porywają materiał skalny rozluźniony skutkiem wietrzenia, z drugiej działają nim mechanicznie i w ten sposób mogą przyczynić się w niemałym stopniu do niszczenia skał, znajdujących się na powierzchni. Nazywamy to *erozyą wietrzną* w przeciwstawieniu do *wietrznej akumulacji*.

Oczywiście, że rola atmosfery jako czynnika geologicznego, nigdzie nie występuje z taką siłą, jak na pustyni, t. j. na obszarach, odznaczających się wielkim brakiem wody z powodu rzadkości opadów. Wietrzenie odbywa się tam przede wszystkim za sprawą gwałtownych zmian temperatury, właściwych pustyniom, erozya i osadzanie materiałów przy spółdziale przede wszystkim wiatrów. I jeszcze jeden bardzo ważny moment charakteryzujący *pustynie*. Przedstawiają one krainy nie połączone arteryami wód płynących z morzem. Dlatego, kiedy kontynenty wogóle są ciągle splukiwane przez wodę, a materiał skalny, który je tworzy, przenosi się skutkiem tego bezustannie za pośrednictwem rzek do basenów morskich — na pustyniach produkty wietrzenia zarówno mechanicznego, jak i chemicznego, pozostają na miejscu, tworząc morze piasków czasem charakterystycznie czerwonych (barwikiem hematyt, Fe_2O_3). Materiał okrucowy, będący produktem wietrzenia mechanicznego, zawiera przytem dużo soli rozpuszczalnych, powstających skutkiem chemicznego wietrzenia. Stąd w krainach pustyniowych liczne jeziora słone, sodowe i t. p., często tylko czasowo wypełniające się wodą po gwałtownych deszczach. To też obszary tego rodzaju uważa się przede wszystkim za kolebkę pokładów soli, gipsu i innych podobnych osadów chemicznych, tworzących się w jeziorach pustyniowych.

Zadania, pytania i doświadczenia.

1. Uważaj, jak się zachowuje w czasie wiatrów śnieg świeży i sypki w miejscu otwartem. Wydmyny śniegowe, które tworzy, są zupełnie podobne ze sposobu powstania, kształtów i t. d. do podobnych utworów z piasku ruchomego.

2. Jeżeli w okolicy znajdują się piaski lotne, stwórz na nich to, co powiedziano w zadaniu 1.

3. Zwróć uwagę zimą w dniach odwilży na powierzchnię śniegu, który zalega od dłuższego czasu. Zauważysz na wierzchu warstewkę błota, która ciągle rośnie na grubość. Jak to wytłómaczysz?

4. W dniu wietrznym, kiedy w powietrzu unosi się dużo pyłu, wystaw w miejscu otwartem talerz, posmarowany gliceryną. Po 12 godzinach splucz destylowaną i przefiltrowaną wodą powierzchnię talerza, poczem tę wodę odparuj i zważ pozostałość, aby przekonać się, jaka ilość pyłu, unoszącego się w powietrzu, przylgnęła do talerza.

5. O ile resztki zwierzęce czyli „fauna kopalna” lessu dowodzi, że jest to osad wietrzny, a nie wodny?

71. Z tego, co powiedzieliśmy, jest rzeczą oczywistą, że erozya wodna (a w szczególnych wypadkach wietrzna i lodowcowa) odgrywa rolę pierwszorzędną, jako czynnik, wytwarzający zewnętrzną rzeźbę skorupy ziemskiej. Przeważna część dolin i to zarówno górskich, jak i na równinach, n. p. u nas na Podolu, jest dziełem tej erozyi. Gdzie liczne, większe i mniejsze doliny erozyjne schodzą się z sobą na niewielkiej przestrzeni, pozostają między niemi tylko nieznaczne resztki pokładów, niszczonych ciągłą pracą wód płynących lub działaniem wiatrów w obszarach pustyniowych i w takim razie mogą powstać równie dzikie

i fantastyczne okolice, jak n. p. sławne „Bad Lands“ (Złe miejsca) w Stanach Zjednoczonych (por. ryc. 93.).

Erozja, powodując w ten sposób ciągłe niszczenie górnych warstw skorupy ziemskiej, skutkiem tego odsłania warstwę coraz starsze i to jest t. zw. „denudacyjne działanie erozyi“. *Denudacja* działa na powierzchni

Ryc. 93.



„Bad Lands“ (Stany Zjednoczone Ameryki Północnej).

wszystkich kontynentów, które ciągle tracą swoje utwory powierzchniowe, spłukiwane przez wodę do mórz. W ten sposób pomatu, ale bezustannie materiały skalny lądu stałego przesuwa się na dno basenów morskich. Wyjątek pod tym względem stanowią tylko pustynie, jako obszary bezodpływowe.

O najważniejszych skałach okruchowych.

72. Wietrzenie, tudzież praca rzek, morza, lodowców i wiatrów kruszą i niszczą najtwardsze kamienie; rzeki, prądy powietrzne i t. d. unoszą ten materiał i wreszcie osadzają. Utwory, które powstają w ten sposób, noszą nazwę — jak wiemy — *skał okruchowych*, a osadzają się po każdym wylewie rzeki wzdłuż jej brzegów, w każdym jeziorze z materiału, naniesionego przez strumienie i potoki, na obszarach pustyniowych dzięki wiatrom, w olbrzymiej zaś ilości na dnie mórz wzdłuż wybrzeży lądów.

Okruchowy materiał jeszcze luźny nosi jako skała nazwę ogólną **usypiska** i może się składać jużto z większych okruchów o powierzchni wygładzonej i zaokrąglonej, jak to widzimy na rozmaitych „otoczkach“ i „żwirach“, jużto z kawałków ostrokrawędzistych i wówczas nosi nazwę „gruzu“, albo wreszcie przedstawia się w postaci zwykłego „piasku“. Oczywiście materiał, który tworzy otoczki, żwiry lub gruz, może być petrograficznie najrozmaitszy i zależy wyłącznie od tego, jakie skały dały mu początek. Piasek zwyczajny jest złożony przede wszystkim z ziarn kwarcu.

Luźne utwory tego rodzaju ulegają z czasem mniej lub więcej zupełnemu stwardnieniu. Okruchy, z których składa się usypisko, spajają

się zwolna „lepiszczem“ czyli „spoiwem“ albo ilastem, albo marglowem, wapnistem lub krzemionkowym i w ten sposób powstaje wreszcie skała zupełnie zwięzła (por. § 38.).

Druzgoty czyli **brek-cye** (porówn. ryc. 94. a) przedstawiają spojony jakimś lepiszczem gruz ostrokrawędzisty, podczas gdy

zlepiénce składają się z samych kawałków zaokrąglonych (por. ryc. 94. b).

Piaskowce wreszcie odpowiadają swem złożeniem usypiskom piaskowym, a — zależnie od swego spoiwa — noszą nazwę raz piaskowców wapnistych, to znowu ilastych, jeżeli zaś mają lepiszcze krzemionkowe, nazywają się kwarcytowymi (ryc. 95.).

Druzgoty i zlepiénce, osadzone w morzu lub jeziorze, powstają oczywiście najbliżej wybrzeża, podczas gdy piaskowce, złożone z okrucichów lżejszych, odpowiadają pasowi dalszemu. Z najdrobniejszych cząstek, przeważnie kaolinowych, osadzonych przez wodę w postaci delikatnego mułu, tworzą się jeszcze dalej od brzegów

iły, łupki iłowe i t. p. O iłach wapnistych mówimy, że są „marglowale“, tworzą zaś one przejście do właściwych

margli, które są mieszaniną cząstek ilastych i wapiennych, z przewagą tych ostatnich.

Zadania i pytania.

1. Zrób mikroskopowe preparaty petrograficzne z kilku rozmaitych piaskowców i porównaj je z szlifami granitu lub innych skał krystalicznych.
2. Jak odróżnisz margiel od iłu i od czystego wapienia?
3. W jaki sposób odróżnisz spoiwo ilaste od wapiennego? Po czym poznasz piaskowce kwarcytowe?
4. Jakie połączenia żelaza barwią piaskowce na czerwono i na żółto?
5. Dlaczego składnikiem głównym zwykłych piaskowców są przede wszystkim ziarna kwarcu?
6. Jak wyłomaczysz fakt, że w piaskowcach znajduje się zwykle muskowit, czasem nawet w większych ilościach, ale nie ma w nich biotyту?
7. Zdarzają się niekiedy piaskowce złożone w bardzo znacznej części z ziarn ortoklazu (t. zw. arkozy); czemu uważa się je zwykle za utwór pustyniowy?
8. Jakie resztki znajdujemy zazwyczaj w skałach osadowych, nigdy ich zaś nie natykamy w skałach wybuchowych?

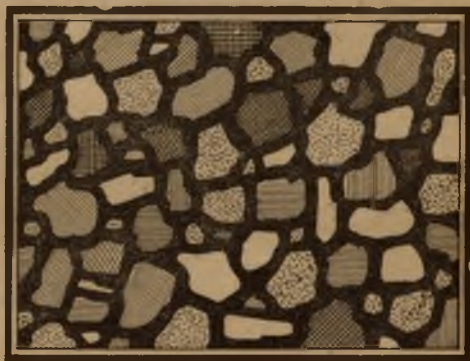
Ryc. 94.



Druzgot.

Zlepiénec.

Ryc. 95.



Piaskowiec w płytce (t. zw. szlifie), oglądany przez mikroskop. Kolor czarny oznacza lepiszcze, spajające oddzielne ziarna.

Skąły osadowe wogóle.

73. Wszystkie piaskowce, zlepińce i t. p., dalej skąły, które poznaliśmy jako osad chemiczny, n. p. gips, sól kamienna, a wreszcie skądniki litosfery pochodzenia organicznego, jak wapienie, są to w przeciwstawieniu do utworów wybuchowych „skąły osadowe”. Większość ich jest osadem na dnie wód rozmaitych, a dla przeważnej ich części jest cechą szczególnie charakterystyczną prócz sposobu powstania także właściwy sposób znajdowania się. Okazują one bowiem zazwyczaj wyraźne uwarstwienie (por. ryc. 96.) i dlatego nazywają się także skąłami warstwowymi. Przytem jest rzeczą zrozumiałą, że przy normalnem ułożeniu warstwy starsze leżą zawsze głębiej, pod młodszymi.

74. Rozmaite skąły osadowe powstają ciągle. Jedne jako morskie utwory przybrzeżne — są to skąły okruchowe lub wapienie litotamniowe i koralowe, inne jako osad mórz otwartych w postaci mułu otwornicowego.

Ryc. 96.



Łom kamienia w skale osadowej o poziomem ułożeniu warstw.

jako osad głębinowy, to t. zw. *głębinowy muł czerwony*, złożony przeważnie z bardzo delikatnego pyłu wulkanicznego.

Równocześnie, kiedy w oceanach tworzą się różne osady morskie, to na kontynencie powstają utwory lądowe jako *osady rzeczne* lub *jeziorne utwory słodkowodne*, gromadzą się *puszlniowe utwory piaskowcowe* lub *chemiczne osady jezior stonnych*; wiatr układa t. zw. *gliny nawiane* (less), a lodowce dają początek *utorom morenowym*.

W skąłach, które powstają w ten sposób, znajdują się zwykle rozmaite resztki świata organicznego, ale oczywiście odmienne w morskich utworach przybrzeżnych i głębinowych, jeszcze inne w takich, które się osadziły w słodkowodnych jeziorach lub na lądzie suchym.

75. O skąłach, które powstały nie w takich samych warunkach i różnią się skutkiem tego sposobem wykształcenia i zawartemi w nich

Poniżej 4.000 m nie znaleziono jednak nigdzie na dnie morza skorupki otwornic. W tych olbrzymich głębiach, pod ciśnieniem kilkuset atmosfer i przy znacznie większej prawdopodobnie zawartości CO_2 , woda rozpuszcza prawie wszelkie wapienne resztki organiczne, jakie na dno opadają. Najważniejszy utwór, powstający tam,

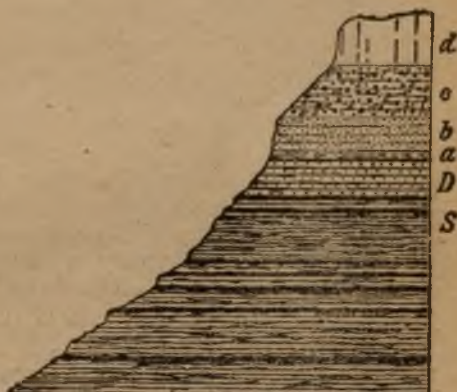
resztkami świata organicznego, mówimy, że posiadają odmienną *facyę*, czyli różnią się *facyalnie*.

Znajdujemy w skorupie ziemskiej n. p. utwory przybrzeżne raz w facyi piaskowcowej, to znowu koralowej lub litotamniowej i jedne z nich mogą być starsze, a inne młodsze, ale często różnią się facyalnie warstwy niewątpliwie współczesne.

76. Skały osadowe odgrywają dominującą rolę jako składniki powierzchniowej części litosfery. Między osadzonemi w dawnych okresach geologicznych spotyka się najczęściej *utwory morskie*, dużo rzadziej *jeziorne*. Osady zaś *lądu suchego* należą między skałami starszemi skorupy ziemskiej do stosunkowo rzadkich wyjątków: jak dzisiaj bowiem, tak i dawniej były najbardziej narażone na niszczące działanie erozyi i denudacyi. Wyjątek stanowią piaskowce pustyniowe, które charakteryzowane właściwem im nieregularnem uwarstwieniem (nie osadzały się w wodzie), brakiem skamieniałości, zazwyczaj czerwoną barwą i nieraz obecnością wśród nich pokładów gipsu i soli, występują w wielu miejscach na znacznych przestrzeniach, n. p. w południowo-zachodnich Niemczech, jako dowód, że i w dawnych epokach istniały pustynie.

Znajdujemy rozmaite skały osadowe prawie w każdej dolinie górskiej, na każdym skalistym brzegu jakiejś rzeki, która płynie głębszem korytem. Często na jednej odsłoniętej ścianie, czyli „odkrywce”, pokazuje się cała serya kilku i więcej rozmaitego rodzaju pokładów ilastych, piaskowcowych, wapieni i t. d. Odpowiadają one oczywiście rozmaitym okresom tworzenia się w tem miejscu skał osadowych i zmianom w warunkach, wśród których się to odbywało (por. ryc. 97.). Jest to jakby księga, której karty, to poszczególne warstwy, na których przyroda sama zapisuje „dzieje geologiczne ziemi”, stanowiące główną treść nauki geologii.

Ryc. 97.



Przekrój prawego zbocza doliny Dniestru pod Zaleszczykami. 1:2000. S — iłowe łupki (sylurskie); D — czerwony piaskowiec (dewoński); na nim (utwory młodsze): a — iły, b — piaskowiec wapienisty, c — wapień litotamniowy, d — gips.

Pytania i zadania.

1. Jaką znasz skałę osadową, która nie okazuje uwarstwienia? Czem to tłómaczysz?
2. Po czem odróżnisz utwór morski od słodkowodnego lub będącego osadem suchego lądu?
3. Pod jakim względem pustynia i morze przedstawiają obszary geologicznie podobne?
4. Zwiedź te miejsca w okolicy, w których się znajdują większe odkrywki skał osadowych, i zestaw dla każdej z nich „przekrój” czyli „profil” podobny, jak na ryc. 97., zaznaczając na nim wszystkie warstwy, różniące się między sobą.
5. Porównaj kilka profilów uzyskanych w ten sposób i staraj się odszukać w nich warstwy, które odpowiadają sobie.

Przegląd skał osadowych, o których była mowa.

Skały okruchowe.

Żwir, piasek.

Druzgoty, zlepierce.

Piaskowce.

Iły, łupki ilowe, gliny.

Margle.

Skały, będące osadem chemicznym.

Gips, anhydryt.

Sól kamienna, sylwin,

kainit, i t. p.

Skały, tworzące się za sprawą organizmów¹⁾.

Wapienie.

Tlenki.

77. (*Kwarczec*, który jest czystą krzemionką (SiO_2) krystaliczną, został już opisany w § 25.).

Opal²⁾ ($T. = 55-65$, c. w. = $1.9-2.3$) jest krzemionką bezpostaciową; zawiera zawsze wodę w zmiennej ilości. Bezbarwny, ale często zabarwiony rozmaicie, posiada połysk szklisty lub tłusty. Rozpuszcza się w gorącym ługu potasowym, $\text{K}(\text{HO})$, prawie zupełnie; zresztą zachowuje się podobnie, jak kwarczec.

Opale spotyka się nieraz w szczelinach wśród skał wybuchowych, w których skład wchodzi pewne krzemiany, rozkładające się łatwo, n. p. labrador i t. p. Minerale te, przeobrażając się, wydzielają bezpostaciową krzemionkę, która, jako opal, osadza się w jamkach i szczelinach skały. Wśród trachitów w Czerwenicy, na Węgrzech, znajdują się szczególnie piękne t. zw. opale szlachetne.

Uwaga. Zjawisko, które nieraz widzimy na *mlecznych opalach*, polegające na tem, że w świetle odbitem okazują barwę białą z odcieniem niebieskawym, a w świetle przepuszczonem żółtawo-czerwoną, nazywamy *opalizacją*.

Gra barw w opalu szlachetnym objawia się w ten sposób, że, oglądany z kilku stron, mieni się on rozmaitemi barwami. Prawdopodobnie powodują to zjawisko liczne a bardzo drobne szczelinki w masie minerału, w których się promienie białego światła załamują i odbijają.

Pytanie.

Jakie znasz ciała, które opalizują, jak opal?

Chalcedon³⁾ (*krwawnik*, *chryzopraz*, *heliotrop*) jest zbitą krystaliczną krzemionką. Znajduje się jako wypełnienie jamek i szczelin wśród rozmaitych skał, często także w postaciach naciekowych, nerkowatych i t. p. Zabarwiony rozmaicie, okazuje na przełomie połysk tłusty lub szklisty. Innemi własnościami zbliża się do kwarcu. Gorący ług potasowy rozpuszcza go w części (w znacznie mniejszym stopniu, niż opal). Okazuje czasem warstewki rozmaicie zabarwione (*agat*).

Krzemienie, pospolite w wielu okolicach naszego kraju, zbliżają się do chalcedonu.

¹⁾ Później jeszcze będzie mowa o rozmaitych węglach kopalnych, które także tutaj należą. ²⁾ opállios (gr.), drogi kamień u Dioskorydesa, greckiego przyrodnika. ³⁾ Od Chalcedonii w Azji Mniejszej.

78. Boksyt, wodorotlenek glinowy, $\text{Al}(\text{HO})_3$ albo $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, z rozmaitemi domieszkami, znajduje się w masach często podobnych do czerwonej gliny. Otrzymuje się z niego glin metaliczny.

Korund¹⁾, tlenek glinowy (Al_2O_3), krystalizuje się w ukł. heksagonalnym. Jest barwy rozmaitej i daje się zarysować tylko dyamentem lub własnymi okruciami.

Znajduje się w niektórych skałach wybuchowych, jako składnik dodatkowy (n. p. w pewnych granitach). Ziarniste odmiany korundu pospolitego noszą nazwę *szmirglu* (por. zad. 1. str. 34.). Korund przezroczysty i pięknie zabarwiony na niebiesko nazywa się *szafiirem*²⁾, czerwony *rubinem*³⁾.

Otrzymano także sztucznie piękne kryształy rubinów.

79. Kasyteryt⁴⁾ (T. = 6—7, c. w. 6·8—7) jest tlenkiem cynowym (SnO_2 , bezwodnik kw. cynowego). Krystalizuje się w ukł. kwadratowym; zazwyczaj w kombinacjach słupa kwadratowego, ∞P , i piramidy, P. Nierzadkie są bliźniaki, jak na ryc. 98. Zwykle barwy brunatnej, o silnym połysku tłustym lub dyamentowym, posiada rysę żółtawą lub białą.

Jedyny to prawie kruszec cyny. Na „łożysku pierwotnym“ w żyłach pośród granitów i t. p., w towarzystwie fluorytu, topazu, turmalinu, apatytu. Prócz tego w bardzo dużej części w pokładach napływowych, a więc już na „łożu wtórnym“, w ziarnach z pokruszenia skały pierwotnej, przyniesionych i osadzonych przez wodę.

Kupryt⁵⁾, tlenek miedzi, Cu_2O , krystalizuje się bardzo często w ośmiościanach; niemniej pospolicie zdarza się w masach krystalicznych. Odnacza się barwą szaro-czerwoną i podobną rysą, tudzież bardzo silnym połyskiem. T. niezbyt wielka, c. w. znaczny.

Towarzyszy często innym kruszczom miedzi, z których przeobrażenia powstaje. W dalszym ciągu tworzy nierzadko miedź rodzimą, nieraz w wyraźnych pseudomorfach po kuprycie. Tak samo pseudomorfozy po nim malachitu nie są rzadkie.

80. Limonit⁶⁾ (T. = 5—5·6, c. w. = 3·5—4) jest to wodorotlenek żelaza (wzoru mniej więcej $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) i ważny kruszec tego metalu. Nigdy nie znajduje się skryształizowany; tworzy skupienia postaci gronkowatej, nerkowatej (por. ryc. 99.), często masy niekształtne, czasem pseudomorfozy po syderycie i t. p. Barwy zwykle, brunatnej lub żółtej; po rozłrarcu zawsze żółty, stąd we wszystkich odmianach posiada rysę tego koloru.

Hematyt⁷⁾ (T. = 5·5—6·5, c. w. = 4·9—5·3), tlenek żelaza (Fe_2O_3), znajduje się najczęściej w odmianach zbitych lub włóknistych barwy czerwonej, jako t. zw. *żelaziak czerwony*. Odmiany stalowo-szare z wejzeniem metalicznym (z wyglądu niepodobne do żelaziaka czerwonego),

Ryc. 98.



Bliźniak kasyterytu (∞P i P).

Ryc. 99.



Limonit.

¹⁾ Wyraz sanskrycki. ²⁾ sappheiros (gr.), drogi kamień niebieskawej barwy. ³⁾ ruber (łac.), czerwony. ⁴⁾ kassiteros (gr.), cyna. ⁵⁾ cuprum (łac.), miedź. ⁶⁾ leimón (gr.), łąka, bagno (ruda bagienna). ⁷⁾ haima (gr.), krew.

w skupieniach ziarnistych lub łuszczkowatych, rzadziej w wyraźnych kryształach (jak na ryc. 100.) ukł. heksagonalnego, noszą nazwę *blyszczu żelaza*. T. hematytu znaczna, również i c. w. Obie odmiany tego ważnego kruszcu żelaza posiadają rysę zawsze czerwoną, po czem łatwo można odróżnić hematyt od limonitu lub magnetytu.

Ryc. 100.



Kryształy hematytu. a — rombościan (R) ścięty od góry i od dołu dwuścianem podstawowym (C); b — rombościan (R) w kombinacji z piramidą sześcioboczną (D) i innym tępszym rombościanem (r).

Magnetyt (T. = 5 5—6 5, c. w. = 4 9—5 2) jest także tlenkiem żelaza (wzoru Fe_3O_4), ale jeszcze bogatszym w ten metal, niż hematyt.

Znajduje się w ziarnistych masach krystalicznych, często także w wyraźnych kryształach ukł. równoosiowego, postaci ośmiościanów (por. ryc. 101.). Barwy żelazisto-czarnej z wejrzeniem metalicznym, twardością i ciężarem właściwym nie różni się od hematytu. Odnacza się własnościami magnetycznymi, okazując częstokroć magnetyzm biegunowy.

Ryc. 101.



Kryształ magnetytu (O).

Jest to najlepszy kruszec żelaza. W drobnych ziarnach znajduje się często jako składnik zasadowych skał wybuchowych, także w serpentynie, gdzie powstał z rozkładu oliwinu. To też nie dziwne, że i dla ca-

łych złoży tego kruszcu można w wielu wypadkach udowodnić powstanie wśród magm silnie zasadowych.

Uwaga. Magnetyt, który zaczyna się rozkładać, przyciąga często żelazne opiłki, tak jak magnes sztuczny, a sztabka z niego, na nitce wolno zawieszona, zwraca się jednym końcem na pñ., drugim na pñd., przyczem widzimy, że jeden jej koniec przyciąga, a drugi odpycha ten sam biegun igły magnetycznej. Mówimy, że magnetyt posiada w takim razie *biegunowy magnetyzm* albo *podwójny*. Żelazo, a tak samo magnetyt zwykły nie okazują opisanych własności, przyciągając zawsze jednakowo bieguny igły i ten „magnetyzm pojedynczy” jest właściwy w mniejszym lub większym stopniu wogóle wszystkim minerałom. Objawia się jednak u niektórych minerałów nie przyciąganiem, ale odpychaniem końców igły magnetycznej.

Żelazo rodzime pochodzenia tellurycznego (ziemskiego, o żelazie meteorycznym patrz przy meteorytach, str. 34.) jest bardzo rzadkie, znajdując się niekiedy w drobniutkich ziarnach wśród silnie zasadowych skał wybuchowych, n. p. w bazaltach. Najwięcej takiego żelaza znaleziono do tej pory w Grenlandyi. Na grenlandzkiej wyspie Disko, koło Ovikfak, odkryto w bazalcie tamtejszym bryły, złożone przeważnie z rodzimego żelaza, które ważyły do 500 cetnarów.

81. Piroluzyt¹⁾. Jest to dwutlenek manganu (MnO_2), zazwyczaj w skupieniach krystalicznych o budowie włóknistej, zbitej, nieraz ziemistej. Barwa stalowo-szara, połysk pół-metaliczny.

Czasem można wykazać niewątpliwy związek pewnego rodzaju między znajdowaniem się piroluzytu i innych pokrewnych mu rud manganowych a pewnymi skałami wybuchowymi, bogatymi w augit, amfibol, biotyt i t. p. Nierzadkie są również wypadki, w których minerały manganowe są produktem wietrzenia syderytów, zawierających ten pierwiastek.

¹⁾ pýr (gr.), ogień; luo (gr.), myję, czyszczę; od dawno znanej własności tego minerału odbarwiania szkła.

*Dendryty*¹⁾ postaci krzaczkowatej, jakby odciski mechów i t. p., spotyka się nieraz na powierzchni skał, w największych szparkach i szczelinach; tworzą je tlenki żelaza lub połączenia manganu pokrewne piroluzytowi (por. ryc. 102.). Osadziła je oczywiście woda, przenikająca nawet w najdelikatniejsze szczelinki.

Ryc. 102.

Pytania i zadania.

1. W jaki sposób wykażesz w limonice wodę? (Porówn. podręcznik dla kl. IV.).

2. Wymień znaną ci skałę wybuchową, w której skład wchodzi magnetyt.

3. Jaki znasz kruszec, będący krzemianem, a znajdujący w przyrodzie także w ścisłym związku z pewnymi skałami wybuchowymi?

4. Jakie minerały tworzą najpospolitsze skały znanej nam skorupy ziemskiej?

5. Oznacz średni ciężar właściwy tych minerałów i złożonej z nich litosfery.

6. Ciężar gatunkowy całej kuli ziemskiej jest około 5·7; jak wytlumaczysz to, biorąc na uwagę dużo mniejszy ciężar właściwy znanej bezpośrednio skorupy ziemi?

7. Jeżeli przypuścimy, że meteoryty powstały z rozpadnięcia się jakiejś planety, to które z nich odpowiadają jej litosferze, a które wewnętrznej części owej planety?



Dendryty na płycie wapienia.

O znajdowaniu się metali i ich kruszców, o t. zw. żyłach kruszczowych i wogóle mineralnych, tudzież o kruszczowych pokładach.

82. Poznaliśmy niektóre ważne kruszce metali, n. p. syderyt, kasyteryt, magnetyt, piroluzyt i t. d. O innych będzie mowa dopiero niżej, ale już teraz można zwrócić uwagę na okoliczności, wśród których ukażają się w przyrodzie minerały wspomniane.

I tak widzieliśmy, że złoża magnetytu nieraz powstały niewątpliwie przez wydzielenie się wśród magm silnie zasadowych, które się dobiły z głębi ziemi, a znajdowanie się rud manganowych czasem pozostaje również w związku z skałami wybuchowymi, w których widzimy minerały, zawierające mangan, jak augit, amfibol, biotyt i t. p. To, co się odnosi do wspomnianych rud żelaza i manganu, można stwierdzić często i na innych metalach ciężkich. Znajdowanie się w przyrodzie ich kruszców nieraz pozostaje w oczywistej łączności z skałami natury wybuchowej.

Zarówno ta okoliczność, jak inna, że metale, a względnie ich kruszce są tem rzadsze w powierzchniowych częściach skorupy ziemskiej, im większy ich ciężar gatunkowy, naprowadzają nas na wniosek, iż metale ciężkie przedstawiają w górnych częściach litosfery obcych przybyszów aż z wnętrza ziemi (barysfera, metalosfera). Potwierdzenie tego znajdujemy w całym szeregu jeszcze innych faktów, stwierdzonych przez geologię.

¹⁾ dëndron (gr.), drzewo.

Ryc. 103.



Wśród warstw pofałdowanych dwa systemy szczelin, z których starsze — czarne — zostały przerwane i przesunięte wzdłuż młodszych, wypełnionych przez rozmaite minerały i tworzących w ten sposób t. zw. żyły mineralne.

itd., chociaż procentowo w bardzo nieznacznych ilościach. Inna okoliczność dowodzi bezpo-

Ryc. 104.



Wielka żyła wychodząca na powierzchnię w miejscu, gdzie wydobywają z niej fluoryt; Voltenne, Francja. Według ilustracji w „La terre”.

Jest mianowicie rzeczą uderzającą duża zawartość żelaza w rozmaitych skałach wybuchowych w ogóle dzięki składnikom takim, jak oliwin, augit, magnetyt i t. p. W grenlandzkich bazaltach znajdują się nawet wielkie bryły wprost rodzimego żelaza, a w wielu skałach wybuchowych wykazano obecność miedzi, ołowiu, niklu, srebra, arsenu, antymonu, cyny

średnio nagromadzenia się metali ciężkich we wnętrzu kuli ziemskiej; obliczono bowiem na kilka rozmaitych sposobów ciężar galunowy ziemi jako całości i przekonano się, że wynosi on 57, podczas gdy przeciętna gęstość skał, znajdujących się na powierzchni, jest dużo mniejsza (por. zad. 4. i 5., str. 79.). Wszystko zatem dowodzi, że wewnątrz kuli ziemskiej tworzą przedewszystkiem ciała o znacznym ciężarze właściwym, innymi słowy, że gromadzą się tam właśnie metale ciężkie, które są stosunkowo tak rzadkie w litosferze dostępnej dla bezpośredniego badania.

83. Sposób, w jaki występują metale ciężkie w powierzchniowych częściach kuli ziemskiej, jest przytem nie mniej charakterystyczny, jak okoliczności towarzyszące, o których mówiliśmy wyżej.

Spotykamy je przedewszystkiem w głębokich szczelinach, które przerzynają w rozmaitych kierunkach skorupę ziemi i noszą ogólne miano *żył mineralnych* lub w danym wypadku *kruszcowych* (por. ryc. 103. i 104.). Rozmiary tych żył, które częstokroć sięgają głębokości bardzo znacznej, wprost nie dającej się zbadać, są rozmaite; jedne z nich są tak cienkie, jak

kartka papieru, inne grubości kilkunastu metrów; obok takich, które się ciągną ledwie na długość kilkudziesięciu metrów, widzimy żyły potężne, które można śledzić w przebiegu kilku kilometrów i więcej (por. ryc. 104.). Żyła Comstock, u stóp wschodnich stoków Sierry Nevady w Stanach Zjednoczonych, bogata w złoto i srebro, jest przykładem żyły kruszczowej niezwyklej rozmiarów; przy długości, idącej w kilometry, grubość jej dochodzi gdzieindziej paruset metrów.

Oczywiście w takich szczelinach niezawsze mogły się nagromadzić pewne minerały i w bardzo wielu wypadkach widzimy, że wypełniły je rozmaite skały wybuchowe (*żyły skalne*). O stosunku ich do zjawisk wulkanicznych była mowa już wyżej (por. § 31.).

84. *Wypełnienie żyły kruszczowej* odbywa się często przy pomocy związków mineralnych, które pochodzą wprost z wnętrza ziemi, a do szczeliny dostają się z głębi, rozpuszczone w wodzie gorącej lub też w stanie gazowym. Niekiedy jednak ważnym czynnikiem przy powstawaniu żył tego rodzaju może być i zwykła woda, która przesiąka skały skorupy ziemskiej. Rozkłada ona i rozpuszcza związki metali ciężkich, znajdujące się n. p. w skałach wybuchowych, a następnie, jeżeli znajdzie po drodze szczelinę, osadza je tam w nowej postaci. Niemalą rolę odgrywają przy dożywaniu się metali z wnętrza ziemi takie ciała gazowe, jak Cl, F, CO₂, SO₂, H₂S (por. str. 21. o gazach wydzielanych przez wulkany). Ułatwiają one, tworząc pewne związki, z jednej strony wydobyć się z głębi metali, z drugiej ich osadzanie się w szczelinach w postaci rozmaitych kruszców, jak n. p. kasyteryt, cynober, argentyt.

Ryc. 105.

W podobny sposób mogą naturalnie powstawać i takie „minerały żyłowe“, które nie są kruszczami metali, i tylko im towarzyszą. Tworzą one często nawet bez współudziału kruszców żyły mineralne, zwane w takim razie przez górnika „pustemi“ albo „jałowemi“.

Budowa i złożenie żył mineralnych pozostają w ścisłym związku ze sposobem ich wypełnienia. Zwykle żyły okazują dokładną symetrię w swojej budowie. Rozmaite minerały wypełniają je w takim razie warstwami, które na przekroju żyły zmieniają się kolejno z lewej strony i z prawej w takim samym porządku (por. ryc. 105.), odpowiadając następującym po sobie okresom osadzania się minerałów. Co się zaś tyczy złożenia żył, to przedstawiają one zazwyczaj pewne, dające się dokładnie określić stowarzyszenia; n. p. razem z kasyterytem znajdujemy zwykle fluoryt, turmalin i apatyt, a więc minerały, zawierające fluor.

Takie dobieranie się rozmaitych minerałów w pewne określone towarzystwa jest następstwem jednakowych warunków, wśród których mogą one powstawać w przyrodzie; stąd nazwa dla tego zjawiska *parageneza*¹⁾,

85. Znajdowanie się kruszców rozmaitych metali w górnych częściach skorupy ziemskiej nie ogranicza się jednak tylko do żył, o których dopiero co była mowa. I tak



Okaz wycięty z kawałka żyły z ścianami wygładzonymi.

¹⁾ pará (gr.), przy, obok; génesis (gr.), powstawanie.

widzimy, że ziarnisty syderyt spotyka się często nie w żyłach, ale w wielkich jakby pokładach, n. p. w Eisenerz w Styrii; magnetyt tworzy nieraz potężne pnie, n. p. na Uralu, a galman (smitsonit) znajdujemy w gniazdach pośród dolomitów w Krakowskiem, Olkuskim lub na Śląsku.

Tego rodzaju złoża powstają w rozmaity sposób. Olbrzymie pnie magnetytu bywają, jak już wiemy, produktem wydzielenia się tego minerału w wielkiej masie wśród magm silnie zasadowych, które obfitują w związki żelaza. Pokłady i mniejsze gniazda kruszców mogą się znowu tworzyć skutkiem wyparcia jakiegoś minerału, n. p. wapienia, przez dany kruszec. Znana nam już blenda cynkowa (ZnS), nierzadki minerał żyłowy, utleniając się, przeobraża się w wityriol cynku, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Rozpuszcza się on w wodzie i jeżeli się dostanie wraz z nią w szczeliny wśród pokładów wapiennych, zamienia węglan wapnia na odpowiedni siarczan, który woda wypłukuje, podczas kiedy cynk z kwasem węglowym daje galman, osadzający się gniazdami w miejsce wylugowanego wapienia (względnie dolomitu). W sposób niewątpliwie podobny wytworzyły się pokłady ziarnistego syderytu.

86. Znaczenie żył i pokładów kruszczowych dla człowieka, jego kultury i przemysłu jest wprost olbrzymie. Dostarczają one materiałów, bez których człowiek dzisiejszy prawie nie umiałby się obejść, a jedna z najważniejszych gałęzi górnictwa, polegająca na dożywaniu kruszców z głębi ziemi, na nich się opiera.

W żyłach spotykamy jednak nawet metale rodzime, które powstają, zwłaszcza w ich górnych częściach, z rozkładu kruszców pod działaniem chemicznem czynników atmosferycznych, wody i t. p.

Wreszcie wiemy, że zarówno w żyłach kruszczowych, jak i w pustych, znajduje się wiele innych minerałów, zwanych żyłowymi, n. p. kwarczec żylny, kalcyt, piryty, fluoryt, baryt, apatyt, niektóre krzemiany; pewna część ich należy także do minerałów w stopniu mniejszym lub większym pożytecznych.

Tak więc przyroda gromadzi przy pomocy rozmaitych czynników w głębi skorupy ziemskiej, w żyłach i t. p. bardzo wiele rozmaitych minerałów, częstokroć pierwszorzędnego znaczenia dla człowieka. Przeważna część kruszców, spotykana w żyłach, należy do **lśnieńców (lamprytów)**. Otrzymały one swą nazwę od charakterystycznego dla nich, bardzo silnego połysku, połączonego zazwyczaj z zupełną nieprzezroczystością i wybitnie metalicznym wyglądem.

Opisem lśnieńców zajmiemy się obecnie.

Lśnieńce (lampryty).

Iskryzki.

87. Połączenia metali z siarką lub arsenem i pokrewnymi pierwiastkami; krystalizują się rozmaicie; zawsze z wejściem metalicznym; zazwyczaj dosyć wysokiego stopnia twardości i ze znacznym ciężarem gatunkowym.

Ryc. 106.



Kryształ piryty.
(∞00∞).

Piryty ¹⁾ ($T. = 6-6.5$, c. w. $= 4.9-5.2$), dwusiarczek żelaza (FeS_2), krystalizuje się w ukł. równoosiowym (por. ryc. 106.), a odznacza się metaliczną barwą mosiężno-żółtą z rysą czarniawo-brunatną. Często zawiera drobne domieszki niklu, miedzi i t. d., a niekiedy srebra i złota.

Jest to jeden z najpospolitszych minerałów. W żyłach mineralnych można go spotkać bardzo często, prócz tego znajduje się w najrozmaitszych skałach osadowych — wprysnięty i t. p.

¹⁾ pyr (gr.), ogień; pyrites (gr.), kamień do krzesania ognia.

Markazyt¹⁾ składem chemicznym nie różni się od pirytu; tak samo swemi fizycznymi własnościami zbliża się do niego zupełnie i tylko krystalizuje się inaczej, bo w ukł. rombowym. Oba wspomniane minerały są zatem przykładem różnopościowości, podobnie jak kalcyt i aragonit.

Markazyt należy do minerałów dosyć rozpowszechnionych. Daje się odróżnić od pirytu nie tylko po odmiennej krystalizacji, lecz także często już na pierwszy rzut oka po odcieniu barwy bardziej cynowo-szarym. Przeobraża się w limonit jeszcze łatwiej, niż piryt.

Chalkopiryt²⁾ ($T. = 3.5-4$, c. w. $= 4.1-4.3$). Siarczek żelaza i miedzi (Cu_2FeS_4), najczęściej w większych masach zbitych; krystalizuje się w ukł. kwadratowym w postaciach półściennych względem piramidy kwadratowej, P, zwanych „klincami“, $\pm \frac{P}{2}$, które odpowiadają czworoscianom równoosiowym i wyprowadzają się zupełnie tak samo. Ryc. 107. *a* przedstawia kombinację $+\frac{P}{2}, -\frac{P}{2}$ z przewagą jednej z tych postaci; bardzo często zdarzają się „bliźniaki przerosłe“, jak na ryc. 107. *b*. Rozwartością krawędzi kryształów chalkopirytu zbliżają się bardzo do ukł. równoosiowego. Barwa chalkopirytu spiszowo-zielonawa. Jest najpospolitszym, chociaż nie najlepszym kruszcem miedzi.

Wierzchnia warstewka chalkopirytu rozkłada się często, skutkiem czego na powierzchni może zmienić się barwa na czerwona lub niebieska. Mówimy w takim razie, że minerał okazuje *barwy naleciałe*.

Nikielin. Połączenie niklu z arsenem (NiAs), zazwyczaj, jak chalkopiryt, w masach zbitych i wprysniętych, barwy jasnomiedzianej z czarną rysą.

Jest ważnym kruszcem niklu, a więc metalu, który ma dzisiaj bardzo szerokie zastosowanie. (Jaki znasz jeszcze kruszec niklu?)

Błyszczce.

88. Połączenia metali z siarką i pokrewnymi pierwiastkami posiadają wejrzenie metaliczne, dosyć znaczny ciężar właściwy, ale niewielką twardość (poniżej 3).

Galenit³⁾ albo **galena** ($T. = 2.5$, c. w. $= 7.3-7.6$), siarczek ołowiu, PbS , zazwyczaj z domieszką siarczku srebra, Ag_2S ; krystalizuje się w ukł. równoosiowym (por. ryc. 108.), jest barwy ołowianoszarej. Łupliwość doskonała według $\infty O \infty$.

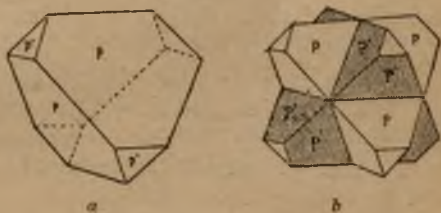
Jest najważniejszym kruszcem ołowiu, a także ważnym kruszcem srebra.

Argentyt⁴⁾ ($T. = 2-2.5$, c. w. $= 7-7.4$) jest siarczkiem srebra, Ag_2S ; krystalizuje się w ukł. równoosiowym, najczęściej w $\infty O \infty$, ale także w O i t. p. Wogóle dosyć podobny do galenitu, ma barwę czarniawo-ołowianą, połysk słaby; daje się strugać jak ołów.

Chalkozyn, Cu_2S (siarczek miedzi), krystalizuje się w ukł. rombowym, ale najczęściej znajduje się w masach zbitych barwy czarniawej, o nieznacznej twardości; zwykle w towarzystwie chalkopirytu, jak n. p. u nas w Kieleckiem.

Antymonit, Sb_2S_3 (siarczek antymonu), należy także do błyszczków. Krystalizuje się

Ryc. 107.



Kryształy chalkopirytu. $p: +\frac{P}{2}$; $p': -\frac{P}{2}$.

Ryc. 108.



Kryształ galenitu.
 $h: \infty O \infty$; $o: O$
(w równowadze).

¹⁾ Wyraz pochodzenia arabskiego. ²⁾ chalkós (gr.), miedź. ³⁾ galéne, nazwa grecka tego minerału. ⁴⁾ argentum (łac.), srebro.

w długich, iglastych kryształach rombów, barwy ołowiano-szarej; zazwyczaj w masach krystalicznych o budowie wyraźnie pręcikowej. Służy do otrzymywania metalu antymonu.

Tetraedryty i minerały pokrewne.

89. Są to połączenia metali ciężkich z arsenem, antymonem i t. p., tudzież z siarką. Nie wszystkie mają wygląd metaliczny. T. nieznaczna, około 3. C. w. przeważnie 5—6.

Ryc. 109.



Kryształ tetraedrytu.

$$\left(+ \frac{0}{2} \cdot - \frac{0}{2} \right)$$

podobnym **prustytem**³⁾ (połączenie srebra z siarką i arsenem) jest dobywany w wielu kopalniach.

Tetraedryt¹⁾ z w y c z a j n y (T. = 3—4, c. w. = 45—5) jest połączeniem miedzi i cynku z antymonem i siarką; zawiera przytem nieco żelaza i arsenu. Kryształuje się w ukł. równoosiowym, najczęściej, w czworoscianach o narożach ściętych przez drugi czworoscian (ryc. 109.), i stąd poszła jego nazwa. Jest barwy stalowo-szarej lub żelazisto-czarnej.

Pirargiryt²⁾ jest połączeniem srebra z siarką i antymonem. Kryształuje się w postaciach słupkowatych ukł. heksagonalnego; barwy karmazynowej w rozmaitych odcieniach aż do ołowiano-szarej, ma połysk silny, dyamentowy, a rysę zawsze świetnie czerwona. Wyborny kruszec srebra, który wraz z bardzo do niego

Blendy.

90. Połączenia cynku, rtęci i metali pokrewnych (kadm i t. d.) z siarką. Oznaczają się wejrzeniem niemetalicznym i silnym, dyamentowym połyskiem.

Sfaleryt albo **blenda cynkowa**⁴⁾ (T. = 35—4, c. w. = 39—42).

Ryc. 110.



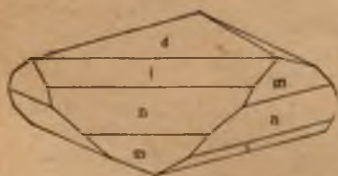
Kryształy blendy. a: $+ \frac{0}{2} \cdot - \frac{0}{2}$; b: ∞O ; c: bliźniak.

Siarczek cynku, ZnS; kryształuje się w ukł. równoosiowym, często w postaciach, które są kombinacją dwóch czworoscianów, n. p. jak na ryc. 110. a; nierzadkie są także dwunastosiściany rombowe (ryc. 110. b) z symbolem ∞O lub „bliźniaki zrosłe” z dwóch ośmiościanów (ryc. 110. c). Blenda jest

zwykle ciemno-brunatna, przeświecająca zielonawo-żółto, zwłaszcza w krawędziach. Łupliwość doskonała według ścian ∞O .

Cynober⁵⁾ (T. = 2—25, c. w. = 8—82) jest siarczkiem rtęci (HgS); kryształuje się w ukł. heksagonalnym, por. ryc. 111.; zazwyczaj w masach zbitych, wprysnięty, zmieszany z iłem i t. p. Posiada barwę szkarłatną lub szarą, rysę czerwoną.

Ryc. 111.



Kryształ cynobru. m: ∞P (∞R), n, i: dwa rombościany: n—ostrzejszy (2R), i — tępszy ($\frac{4}{3}R$); d: oP (oR).

Tutaj należą także **realgar** (AsS) i **aurypigment** (As₂S₃).

¹⁾ Od postaci kryształów. ²⁾ pŷr (gr.), ogień; argyros (gr.), srebro. ³⁾ Tak nazwany na cześć chemika francuskiego Prousta. ⁴⁾ sfalerós (gr.), zwodniczy; blenden (niem.), mamić, łudzić; długi czas nie umiano wytapiać cynku ze sfalerytu i minerał ten odrzucano w kopalniach jako bezużyteczny, chociaż wyglądem „łudzaco” podobny do niektórych kruszców, już wówczas cenionych. ⁵⁾ Wyraz pochodzenia — jak się zdaje — indyjskiego.

Pytania i zadania.

1. W jaki sposób stwierdzisz obecność siarki w pirycie, galenicie i sfalerycie?
2. Jakiego sposobu użyjesz, aby pokazać, że galena zawiera ołów?
3. Co zrobisz, aby wykazać w chalkozynie zawartość miedzi, w nikielinie niklu, a w antymonie antymonu?
4. Jak udowodnisz, że nikielin zawiera arsen? (Do zad. 1.—4., por. podr. dla kl. IV.).
5. Określ stosunek parametrów dwunastościanu rombowego blendy; dlaczego oznaczamy go symbolem ∞O ?
6. Do jakiego typu postaci należy dwunastościan rombowy?
7. Oznacz ścianę bliźniaczą na kryształach sfalerytu, odpowiadającym ryc. 110. c.
8. Określ stosunki symetrii dla kryształu chalkopirytu, porównaj go pod tym względem z piramidą kwadratową P, jak na ryc. 18. b, i powiedz, ile znasz klas w tym układzie?
9. Które ze znanych ci kruszców znajdują się w Polsce i jakich ważniejszych metali niema na ziemiach naszych?
10. Na jakich obszarach — górskich, czy też równinowych — znajdujemy najczęściej żyły kruszcowe? Wykaż to na przykładach.

O ruchach, którym ulega skorupa ziemska, o jej fałdowaniu się, powstawaniu gór i t. p.

91. Poznaliśmy już dawniej owe głębokie pęknięcia w skorupie ziemskiej, z którymi nieraz pozostają na powierzchni ziemi w pewnym stosunku zależności wulkany, gorące źródła i t. p. (por. § 21.); mieliśmy także sposobność przypatrzeć się jeszcze innym szczelinom olbrzymiego znaczenia dla kultury i przemysłu człowieka, bo w nich znajduje on cenne kruszce metali i wiele innych minerałów, nader pożytecznych (§ 82—86). Nasuwa się teraz samo z siebie pytanie: jak to się dzieje, że skorupa ziemi, w każdym razie niepospolitej grubości, i zwięzłe skały, które ją tworzą, mogą popękać; w jaki sposób mogło powstać mnóstwo szczelin, które sięgają nieraz aż do tych miejsc kuli ziemskiej, gdzie panuje temperatura dużo wyższa, niż na powierzchni. Aby odpowiedzieć na te pytania, zastanowimy się, czy litosfera jest istotnie tak nieruchoma, jak się to wydaje zazwyczaj.

Już to, co widzieliśmy dotychczas, przemawia stanowczo przeciw takiemu przypuszczeniu. Wszak przekonaaliśmy się, że ogromna większość skał osadowych, rozmaite wapienie, piaskowce i t. d. są po większej części niewątpliwym osadem morskim; a jednak dzisiaj spotykamy je na lądzie stałym, nieraz bardzo znacznie wzniesione ponad powierzchnię morza. Jeżeli ocean z tych miejsc ustąpił, musiały powstać gdzieindziej na powierzchni ziemi jakieś zakłębienia, w które woda spłynęła, albo ląd stały musiał się w tem miejscu wydzwignąć. Obniżania się dna morskiego dowodzą także atole (§ 53.), a terasy dolinowe są tak często następstwem ruchów lądu stałego (§ 66.). Ale i nad morzem znajdują się nieraz t. zw. „terasy nadbrzeżne“ (§ 67.), znacznie wyniesione nad powierzchnią wody (ryc. 112.). Widzimy je n. p. u wybrzeży Norwegii lub na niektó-

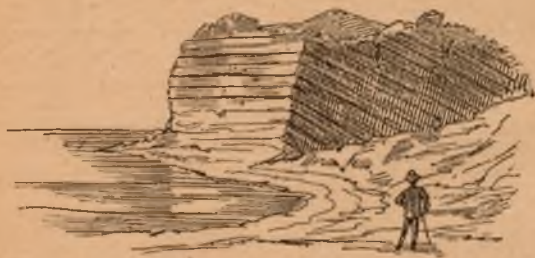
Ryc. 112.



Terasa nadbrzeżna na północnej stronie wyspy norweskiej Lekö. (Według Touli).

rych wyspach, gdzie można czasem stwierdzić, że wzniesienie ich z jednej strony wyspy jest większe, aniżeli po stronie przeciwnej. Oczywiście w takim razie mamy

Ryc. 113.



Skała osadowa o warstwach pochylonych.

do czynienia bezwarunkowo nie ze zmianami poziomu morza, ale z podnoszeniem się lądu.

Przypatrzymy się teraz jednemu i drugiemu łomowi kamienia w Karpatach lub n. p. w górach Kielecko - Sandomierskich, a najczęściej zobaczymy tam warstwy rozmaicie nachylone (ryc. 113.), nawet

wyraźnie pogiete i pofałdowane (ryc. 114.). Tego rodzaju ułożenie warstw jest charakterystyczne dla wszystkich gór łańcuchowych i oczywiście jest wyrazem zdolności skorupy ziemskiej układania się w zmarszczki, fałdy i t. p.

Mamy tu przykłady dwojakiego rodzaju ruchów, którym może ulegać skorupa ziemi. Jedne z nich są płaszczynowe i powodują, że całe

Ryc. 114.



Warstwy piaskowca, pogiete w wyraźne fałdy, u ujścia Peremyski do Prutu między Delatynem a Dorą. Według fotografii prof. Szajnochy.

płaty litosfery podnoszą się lub zapadają; nazywamy je *ruchami kontynentalnymi* albo *epeirogenicznymi*. Drugie mają charakter linijny i obejmujemy je nazwą *fałdowania się* warstw skalnych.

Bezpośrednio nie możemy zazwyczaj obserwować owych rozległych poruszeń litosfery w ich przebiegu, bo chociaż jako takie zaznaczają się dla naszych zmysłów n. p. groźnemi trzęsieniami ziemi, ale największe nawet katastrofy tego rodzaju są tylko znikająco drobnym momentem w procesie fałdowania się skorupy ziemskiej, rozłożonym na niesłychanie długie okresy czasu.

92. Co to więc za siła, która może powodować fałdowanie się warstw skorupy ziemi, grubych na tysiące metrów, lub obniżanie się całych części litosfery? Musi być ona oczywiście tak ogólna, jak zjawiska, które wywołuje, i działać obecnie, jak działała w dawnych okresach dziejów ziemi.

Pytanie, jak powstały góry, stawiano już w odległej przeszłości i z dawna szukano nań odpowiedzi. Werner i inni ze szkoły neptunistów (por. str. 23.) widzieli w nich nierówności, które albo powstały już przy pierwotnem osadzeniu się skał skorupy ziemskiej w praceanie, albo zostały wytworzone później drogą mechanicznej pracy wód płynących i t. p. Wielu plutonistów znowu tłómaczyło genezę gór oddziaływaniem bezpośrednim materjałów nagromadzonych we wnętrzu ziemi, w myśl swoich poglądów na tworzenie się wulkanów; Buch przypisywał skałom wybuchowom wypiętrzenie całego systemu alpejskiego. Wiemy jednak, że nawet same wulkany powstają nie skutkiem podniesienia się w tem miejscu warstw litosfery, są bowiem zbudowane z materjału wyrzucanego podczas wybuchów, a bliższe zbadanie gór pasmowych wykazało, że tak samo trzeba i w tym wypadku liczyć się z innymi siłami. Najpopularniejszą jeszcze ciągle i zarazem najprostszą jest „teorya kontrakcyjna“¹⁾ tworzenia się gór, wypracowana przez współczesnych nam geologów: Dana²⁾, Suessa³⁾ i innych.

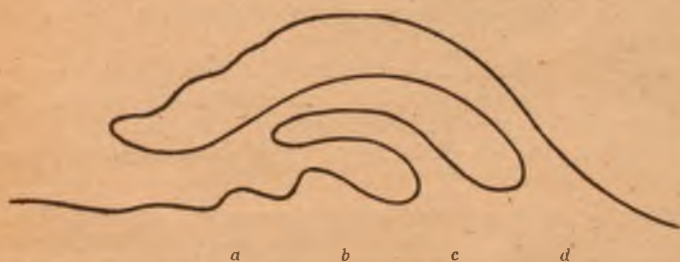
Wszystko przemawia za tem, że wewnątrz kuli ziemskiej posiada jeszcze dzisiaj temperaturę — w myśl teoryi Kanta-Laplace'a — niesłychanie wysoką (por. § 1.), mimo, że na powierzchni powstała już skrzepła i ostygła skorupa. Otóż oczywista, że skutkiem dalszego oziębiania się ziemi i krzepnięcia, tudzież kurczenia się coraz głębszych części naszej planety dzieje się coś podobnego, jak na jabłku, na którym skórka marszczy się w miarę, jak mięśń wysycha. Skutkiem bowiem przyciągania, wywieranego przez środek kuli ziemskiej na jej skorupę, powstają w litosferze, w miarę, jak się kurczy jądro, siły poziome (styczne), podobnie, jak to się dzieje w każdym sklepieniu. I one to, wywołując fałdowanie się warstw skorupy ziemskiej, powodują, że litosfera może ciągle przylegać do jądra, chociaż to jądro zmniejsza się bezustannie.

Zmarszczki, które tworzą się w ten sposób na ziemi, to góry, rozsiane po całej jej powierzchni. Warstwy rozmaitych skał osadowych znajdujemy w nich rozmaicie pogięte i pofałdowane (por. ryc. 114.), w postaci *siodła* tam, gdzie fałd przedstawia się jako wzniesienie, tudzież *łęków*, gdzie fałdy tworzą zakłęśnięcie między dwoma siodłami. Co do niektórych gór (Alpy, Tatry) zostało stwierdzone niewątpliwie, że są zbudowane z olbrzymich fałdów, których siodła powalone przesunęły się jedne nad drugimi na odległość dziesiątek, a nawet więcej kilometrów, fałdując się drugorzędnie (ryc. 115.). Siodła tego rodzaju nazywają się *plaszczowinami*.

¹⁾ *contraho* (łac.), *ściągam*. ²⁾ James D. Dana (1813—1895), znakomity geolog amerykański. Położył także zasługi dla mineralogii i zoologii. Suess Edward (1813—1914) był profesorem Uniwersytetu w Wiedniu i prezesem wiedeńskiej Akademii Umiejętności. Głośne jest jego dzieło: „Das Antlitz der Erde“.

Też same zjawiska stara się wytłómaczyć w inny sposób t. zw. „teorya równowagi“ czyli „izostatyczna“. Wychodzi ona z założenia, że poszczególne części skorupy ziemskiej, spoczywając bezpośrednio na ognisto-ciekłej magmie, znajdują się względem siebie w stanie pewnego rodzaju równowagi. Bezpośrednim dowodem tego są doświadczenia wahadłowe, pokazujące, że przyspieszenie ziemskie (por. w fizyce o wahadle) w wysokich górach odpowiada zawsze pewnym ubytkom masy pod nimi, podczas gdy na

Ryc. 115.



a, b — fałdy miejscowe; c, d — płaszczowiny.

w morzach przyległych w olbrzymiej ilości, zwłaszcza, jeżeli dno morskie stale się obniża, robiąc w ten sposób miejsce nowym osadom. W miarę zaś narastania świeżych warstw rozpoczyna się pewnego rodzaju odpływ mas nagromadzonych w nadmiarze ku obszarom ubytku. Głęboko pod powierzchnią litosfery, gdzie warstwy skalne skutkiem znacznego ciśnienia znajdują się w stanie pewnego rodzaju plastyczności, tworzą się skutkiem parcia mas w stronę lądu fałdy, które naciskane w tym kierunku, przewalają się i wydłużają niepomniernie w postaci płaszczowin, nasuwając się, marszcząc i płynąc niejako jedne nad drugimi ku strefie ubytków. W ten sposób powstaje budowa płaszczowinowa w głębi skorupy ziemskiej, gdzie jedynie — skutkiem panującej tam plastyczności materiału skalnego — istnieją po temu warunki odpowiednie. Proces ten kończy się wreszcie podniesieniem całości w górę, a wtedy skutkiem erozyji i denudacyi warstwy powierzchniowe ulegają zniszczeniu i odsłania się cały system płaszczowin.

Fałdowaniu się warstw litosfery towarzyszy jednak zwykle pękanie jej w pewnych kierunkach. Tak powstały owe głębokie i rozległe szczeliny, wzdłuż których znajdujemy nieraz całe szeregi wulkanów czynnych i wygasłych, a czasem olbrzymie masy skał wybuchowych; szczeliny te tworzą gdzie indziej podstawę mineralnego bogactwa całych krajów, jako t. zw. żyły kruszcowe. Nieraz duże części skorupy ziemskiej ob-suwają się w głąb wzdłuż pęknięć tego rodzaju i tworzą w ten sposób uskoki, nasunięcia i t. p., które są zwykłym zjawiskiem w rozmaitych górach łańcuchowych (por. ryc. 116.). Przykładem większych zała-

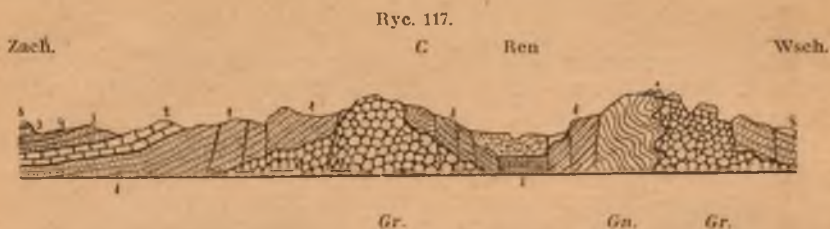
Ryc. 116.



(xx — uskoki).

Przekrój przez Karpaty w Galicji wschodniej, jako przykład gór łańcuchowych. Według prof. Zubera. Chomiak, Makowiec przedstawiają wyraźne siodła (pochyłe), podczas gdy dolina między Chomiakiem a Jawornikiem jest oczywistym łękiem, przeciętym przez uskoki.

mów skorupy ziemi wzdłuż spękań takich jest n. p. dolina średniego Renu (por. ryc. 117.), morze Czerwone, dolina Jordanu.



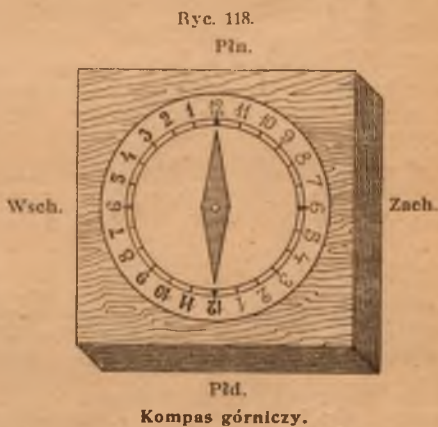
Przekrój przez Wogezy, dolinę Renu i Szwarzwald na pfd. od Strassburga.

Gr. — granit, Gn. — gnejs, C — warstwy syst. węglowego, 1-6 — pstry piaskowiec (dolna część systemu tryasowego). Pionowe kreski oznaczają uskoki.

93. Wszystkie dopiero co wymienione zjawiska nazywają się *tektonicznymi*¹⁾. Ślad doliny, które są łukiem między dwoma siodłami, lub zapadliskiem jakiejś części skorupy ziemskiej skutkiem jej spękania, odróżnia się jako *doliny tektoniczne* (w przeciwstawieniu do *erozyjnych*), a trzęsienia ziemi, które pozostają w bezpośrednim związku z temi zjawiskami, noszą miano *trzęsień tektonicznych*. Są one najlepszym dowodem, że „geotektoniczne” siły ciągle działają dziś, jak i dawniej. Tym siłom zawdzięczają swoje powstanie *góry fałdowe*, w przeciwstawieniu do *wulkanicznych* lub takich, które powstały skutkiem mechanicznego działania wód płynących, jako *góry erozyjne* (por. §§ 23. i 71.).

Dla poznania wewnętrznej budowy czyli tektoniki warstw skorupy ziemi w danym miejscu jest bardzo ważną rzeczą określenie kierunku fałdów czyli *biegu warstw* sfałdowanych, tudzież *kierunku i wielkości ich nachylenia*. Oznacza się to przy pomocy *kompasu górniczego* (por. ryc. 118.), którego obwód jest podzielony na 2 razy po 12 godzin górniczych, odpowiadających rozmaitym stronom świata, przyczem jednak wschód i zachód są przedstawione. Mówi się zatem, że dane warstwy mają bieg h. (hora, godzina górnicza) 10, nachylenie ptn.-zach. 45° i t. p. (porówn. str. 91., zad. 3.).

94. Oczywiście skorupa ziemi ulega czynnikom denudacyjnym tam, gdzie się spiętrzyła, jeszcze silniej, niż w zwykłych warunkach. Tak więc młode fałdy skorupy ziemskiej, które przedstawiają się jako wyraźne *góry łańcuchowe*, ulegają z wolna ale ustawicznie obniżeniu. W miarę tego ich charakter pasmowy zaciera się, przekroje dolin i kontury szczytów łagodnieją, wyniosłości obniżają się i „starzeje się krajobraz”, a wreszcie cały system górski przeobraża się w t. zw. *góry masowe* albo *szczytkowe*, jakimi są nasze góry Kielecko-Sandomierskie; często zaś rozpada się jeszcze cały łańcuch na poszczególne części, skutkiem powstania na jego obszarze większych załomów w skorupie ziemskiej. Środkowa wyżyna Francuska, góry Nadreńskie



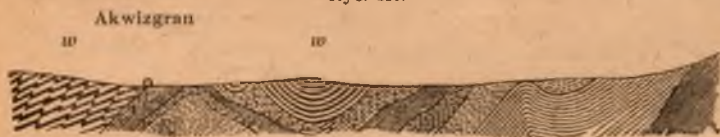
¹⁾ tektonikós (gr.), pozostający w związku z budową.

z Wogezami i Szwarewaldem, Harc, Las Turyński, czeskie góry Kruszcowe, Sudety i góry Kieleckie są resztką jednego potężnego systemu górskiego, który w epoce węglowej spiętrzył się w miejscu dzisiejszej środkowej Europy i nosi w geologii nazwę gór Hercyńskich. W ciągu następnych epok geologicznych uległ on zwolna zniszczeniu i rozpadł się na poszczególne gniazda, które pozornie nie okazują dzisiaj żadnej łączności z sobą.

Ostatecznym wreszcie losem, który spotyka systemy górskie wszelkiego rodzaju, to zupełne zniszczenie, skutkiem czego ginie nieraz prawie wszelki ślad ich w zewnętrznej rzeźbie ziemi i w takim razie wskazuje tylko wewnętrzne ułożenie, czyli *tektonika* warstw, że w danym miejscu wznosiły się przedtem całe pasma górskie. Nic zatem dziwnego, że wszystkie najwyższe góry łańcuchowe, jakie obecnie widzimy na ziemi, Himalaje, Kordyliery i Andy, Alpy, Pireneje, Karpaty, Apeniny i t. p.,

powstały stosunkowo niedawno, a „siły orogeniczne“¹⁾ działają w nich po części nawet obecnie, jak można wnosić z gwałtownych i nierzadkich

Ryc. 119.



Pofałdowane (z lewej strony w drugorzędnych zygzakach) warstwy sylurskie, dewońskie i węglowe (w) w okolicy Akvizgranu.

trzęsień ziemi w takich okolicach. Czekają je wszakże losy ten sam, jaki spotkał inne wyniosłe pasma górskie, wznoszące się w dawnej przeszłości ziemi w wielu miejscach, gdzie dzisiaj niema z nich ani śladu. Znikną kiedyś z powierzchni ziemi i tylko fałdy warstw skorupy ziemskiej w tym miejscu będą dowodzić ich istnienia w dobie ubiegłej (porówn. ryc. 119.).

Gdzie denudacja zniszczyła wierzchołki fałdów, tam odsłaniają się rozliczne warstwy starsze, nieraz na znacznych przestrzeniach. Stąd nigdzie równie często nie znajdujemy, jak w górach, takich odsłonień, w których możemy widzieć warstwy od młodszych wiekiem do najstarszych.

Ryc. 120.



warstw, które leżą na starszych „niezgodnie“ (ryc. 120. de). Oczywiście przy niezgodnym ułożeniu zawsze musiała być przerwa między osadzaniem się warstw jednych i drugich, odpowiadająca okresowi kontynentalnemu. W tym czasie już istniejące fałdy mogły ulegać zniszczeniu, a nowe warstwy układały się w takim razie na siodłach i łękach mniej lub więcej rozmytych, często, jak na ryc. 120. fg.

Doświadczenia i zadania.

1. Sporządź z tektury siatki równoległościaków (por. str. 18., zad. 1.), jak na ryc. 121. a i b, zaznaczając odmienne warstwy różnymi kolorami. Następnie złóż z tego dwa równoległościaki, sposobem już podanym wyżej. Pierwszy z nich stwórz model fałdu, drugi model uskoku. Co nazywamy uskokiem?

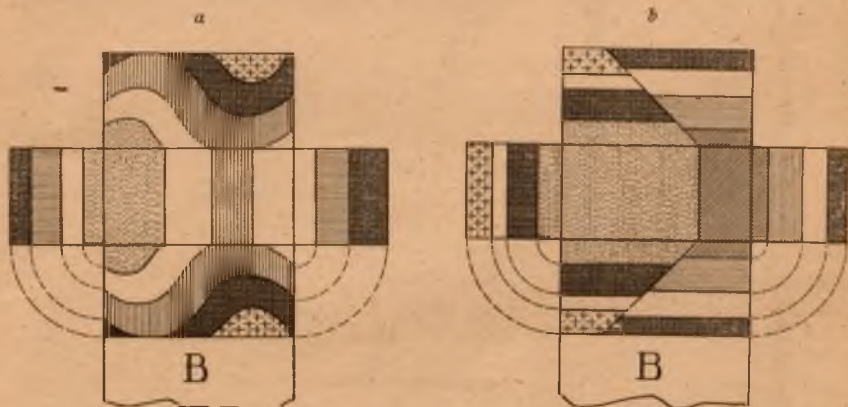
2. Zwiedź w okolicy wszystkie miejsca, w których się pokazują skały osadowe, i stwierdź gdzie warstwy leżą poziomo, a w których miejscach są nachylone lub pofałdowane. Określ

¹⁾ óros (gr.), góra; génesis (gr.), powstanie. ²⁾ transgredeo (łac.), przekraczam.

dla warstw nachylonych, przy pomocy zwykłego kompasu ręcznego, w którą stronę zapadają, a w którą biegną (jaki jest bieg ich). Oczywiście kierunek biegu i nachylenia stoją na sobie zawsze prostopadłe; warstwy nachylone na zachód mają bieg północno-południowy, nachylone na północny wschód okazują bieg z południowego wschodu na północny zachód.

3. Oznacz bieg warstw przy pomocy kompasu górniczego. W tym celu do warstwy pochylonej przykładą się aparat dokładnie poziomo tą krawędzią, która jest równoległa

Ryc. 121.



a — Siatka modelu, przedstawiającego fałd. B — podstawa. b — Siatka modelu, przedstawiającego uskoki. B — podstawa.

do linii północno-południowej kompasu, poczem odczytuje się godzinę, jako wielkość zбочenia biegu warstw od kierunku północno-południowego; część godzin określa się stopniami.

Dla wprawy możesz wpięrw użyć w domu książki oprawionej, nieco otworzonej i postawionej na stole grzbietem do góry. Przedstawi ona jakby fałd, którego pokłady opadają na dwie strony, a grzbiet jej zaznaczy kierunek fałdu czyli bieg warstw. Obracając tę książkę w rozmaite strony i przykładając do niej sposobem wskazanym kompas górniczny, wprawisz się w odczytywaniu rozmaitego biegu pokładów.

4. Weź kilkanaście kawałków różnokolorowego sukna i ułóż je na stole, jedno na drugim, przyciskając wszystko z góry deską i paru kamieniami. Jeżeli poddasz sukno równocześnie ciśnieniu z boków (ryc. 122.), ułóż się ono w fałdy, tworząc siódła i łęki. Z czem możesz to porównać?

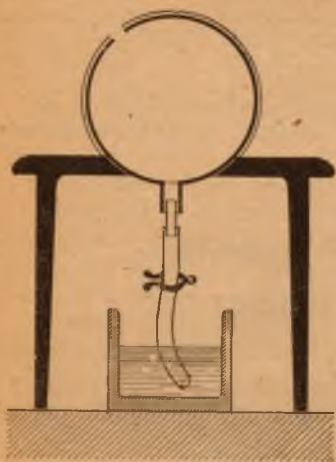
Ryc. 122.



5. Powstawanie całych łańcuchów górskich skutkiem kurczenia się wnętrza ziemi można także okazać doświadczalnie.

W tym celu bierze się duży balon gumowy, taki, który można wydymać powietrzem, i otwór jego łączy się z długą rurką kauczukową, opatrzoną naciskaczem. Następnie po wydęciu balonu powleka się jego powierzchnię warstwą — grubości 2 mm — bardzo rzadkiego ciasta z mąki pszennej i potem obraca się go tak długo w mące suchej, dopóki nie wytworzy się zupełnie gładka warstwa mączna, na 3—4 mm gruba. Wtedy umieszcza się balon na odpowiedniej podstawie i wolny koniec rurki kauczukowej wpuszcza się do naczynia z wodą (por. ryc. 123.). Jeżeli pomału i ostrożnie otworzymy zaciskacz,

Ryc. 123.



Doświadczenie, które objaśnia fałdowanie się skorupy ziemskiej i powstawanie gór łańcuchowych.

podczas gdy wschód Europy, będący „krajną płytową“, z warstwami ułożonemi zupełnie spokojnie i mniej więcej poziomo, jest od trzęsień tektonicznych wolny prawie całkowicie.

Przy każdym trzęsieniu ziemi rozróżnia się przede wszystkim jego „ognisko“ wewnątrz litosfery, gdzie trzeba szukać przyczyny zjawiska (dla trzęsień tektonicznych w głębokości zazwyczaj co najwięcej kilkudziesięciu kilometrów), i dalej punkt, leżący na powierzchni, bezpośrednio nad ogniskiem, t. zw. „środek trzęsienia“. Z ogniska wychodzą one w drgania, częstokroć bardzo gwałtowne, przede wszystkim środek trzęsienia, wytwarzając tam fale powierzchniowe, rozchodzące się jak kręgi na powierzchni wody stojącej

Ryc. 124.



Fale sejsmiczne. O — ognisko trzęsienia; S — środek; F_1 — fale sejsmiczne, idące z ogniska; F_2 — sejsmiczne fale powierzchniowe.

3.120.000 km^2 , a w obrębie 400.000 km^2 dokoła wyżyny Shillong w prowincyi Assam (środek trzęsienia) żaden budynek murowany nie ocalał. Ziemia pękała, obrywające się i obsuwające skały tamowały rzeki, a w niektórych miejscach stwierdzono, że teren podniósł się 11 m do góry, gdzie indziej znowu zmieniło się położenie poszczególnych punktów o kilka metrów w kierunku poziomym.

Jeżeli fale sejsmiczne z odpowiednią siłą udziela się morzu, to zwiększa się okropność zniszczenia, gdyż następuje nagły i gwałtowny zalew wybrzeży.

Specyalne, bardzo czułe przyrządy, zwane „sejsmografami“, notują najmniejsze drgania sejsmiczne. Badanie rysunku, który otrzymuje się w ten sposób, prowadzi do

balon zaczyna się kurczyć, a na powierzchni tworzą się rozmaite fałdy, przypominające przebiegiem i kształtem całe systemy górskie na powierzchni ziemi.

95. Już wyżej wspomnieliśmy, że rozległe trzęsienia ziemi są zjawiskiem, które pozostaje w ścisłym związku z procesami tektonicznymi, odbywającymi się w skorupie ziemskiej. To też nazywamy je dlatego trzęsieniami tektonicznymi, w odróżnieniu od wulkanicznych i zapadliskowych (por. str. 21. i 37.).

Oczywiście zachodzą one przede wszystkim na tych obszarach, gdzie procesy tektoniczne odbywają się ciągle, względnie jeszcze nie ustały, a więc w obrębie lub w sąsiedztwie młodych gór łańcuchowych albo rozległych załomów i zapadlisk w skorupie ziemskiej, datujących się z niedawnej przeszłości geologicznej. Taki właśnie charakter mają okolice najbardziej „sejsmiczne“ w Europie, jak pewne obszary alpejskie, dalej Grecya, Kalabrya, Sycylia i t. p. (por. str. 20.),

dokoła miejsca, gdzie upadł kamień. Oczywiście na pewną odległość wkoło środka trzęsienia dostają się do każdego punktu na powierzchni ziemi zarówno fale idące wprost z samego ogniska, jak i fale powierzchniowe z punktu środkowego trzęsienia. Dla miejsc, leżących poza środkiem, te ostatnie są jednak najgroźniejsze, powodując właściwą katastrofę (por. ryc. 124.).

Jakich rozmiarów może dochodzić to zjawisko, daje o tem pojęcie trzęsienie lizbońskie w roku 1755., które objęło około 300.000 mil kwadratowych powierzchni. burząc Lizbonę i sięjąc spustoszenie w całej Portugalii, z niedawnych zaś — trzęsienia w St. Francisco w r. 1906. i Messyńskie z r. 1908, które piękne i ludne miasta zamieniły w kupę gruzów, grzebiąc pod nimi całe tysiące mieszkańców. Wszystkie te zdarzenia nie dorównują jednak strasznej katastrofie, która nawiedziła Indyę Wschodnią w r. 1897., 12. czerwca. Fale sejsmiczne dały się wtedy odczuć na przestrzeni

ogólnie bardzo ciekawych wniosków, n. p. co do pewnych własności wnętrza ziemi; pozwala przytem określać oddalenie miejsca obserwacji od środka trzęsienia i t. p.

Pytania.

1. Podczas messyńskiego trzęsienia ziemi sąsiednia Etna znajdowała się w spokoju; czy jest zatem jakakolwiek podstawa do twierdzenia, że było to trzęsienie wulkaniczne?
2. Jak określiłbyś związek między wielką sejsmicznością i niewątpliwym wulkanizmem Włoch południowych?
3. Jaki kraj znasz we wschodniej Azji, odznaczający się tak samo jak Włochy południowe nadzwyczaj częstymi trzęsieniami ziemi i wulkanizmem bardzo wybitnym?

Węglowce.

96. Nafta ¹⁾ (olej skalny) jest ciekłą lub półciekłą mieszaniną rozmaitych węglowodorów, t. j. połączeń węgla z wodorem, przeważnie ogólnego wzoru chemicznego $C_n H_{2n+2}$. W naturze, jako t. zw. u nas ropa, jest zazwyczaj ciemno-żółta lub brunatna; destylowana jest bezbarwna lub żółtawa. Lżejsza od wody, odznacza się właściwym sobie zapachem.

Towarzyszą jej zawsze t. zw. gazy naftowe, złożone z lotnych węglowodorów, które, zapalone, płoną niebieskawym płomieniem. Rozprowadzone rurami mogą one służyć także do oświetlania, ogrzewania, jako materiał opałyowy dla fabryk i t. p.

Minerałem pokrewnym naftie jest towarzyszący jej gdzienigdzie:

Ozokeryt ²⁾ czyli wosk ziemny. Wyglądem swoim zazwyczaj przypomina on istotnie wosk zwyczajny, okazując barwę taką samą, tudzież charakterystyczną podatność, właściwą woskowi. Jest mieszaniną węglowodorów stałych.

Asfalt przedstawia produkt częściowego utlenienia się nafty, dlatego zawiera oprócz węgla i wodoru jeszcze pewną ilość tlenu. Jest półciekły, jednak czasem zdarza się zupełnie skrzepły i zestalony. Barwy ciemno-brunatnej, niekiedy prawie czarnej. Znajduje się w wielu miejscach; na wyspie Trinidad istnieje jezioro asfaltowe o średnicy dwu kilometrów.

Bursztyn ³⁾ jest żywicą stwardniałą w głębi ziemi, która pochodzi z dzisiaj już zaginionego drzewa szpilkowego, *Pinus succinifera*. Składa się z węgla, wodoru i tlenu. Mniej lub więcej przezroczysty, posiada zabarwienie żółte, brunatne, białawe, często z pieknem użyłkowaniem.

Uwaga. Bursztyn potarty elektryzuje się wyraźnie ujemnie, tak samo i siarka, natomiast kwarczokazuje po potarciu dodatnią elektryczność, jak szkło. Przekonano się, że wszystkie minerały i wogóle ciała stałe, pocierane, elektryzują się, jedne dodatnio, inne ujemnie. Można to jednak wykazać wprost tylko w tym wypadku, w którym minerał — jak bursztyn, siarka lub kwarczok — jest złym przewodnikiem elektryczności; inne minerały należy wprawdzie izolować od ręki, którą je trzymamy (por. str. 35., doświadc. 5.).

97. Węgiel kamienny ($T. = 2-2.5$, c. w. $= 1.2-1.5$) jest związkiem chemicznym 75—90% węgla z 10—25% tlenu, wodoru i azotu. Domieszki mineralne, niedające się spalić, dają w nim t. zw. popiół. Barwa zwykle mniej więcej czarna, połysk szklisty albo tłusty. Tw. niewielka, tak samo i c. w. Złożenie z części roślinnych daje się stwierdzić dopiero przy użyciu środków odpowiednich.

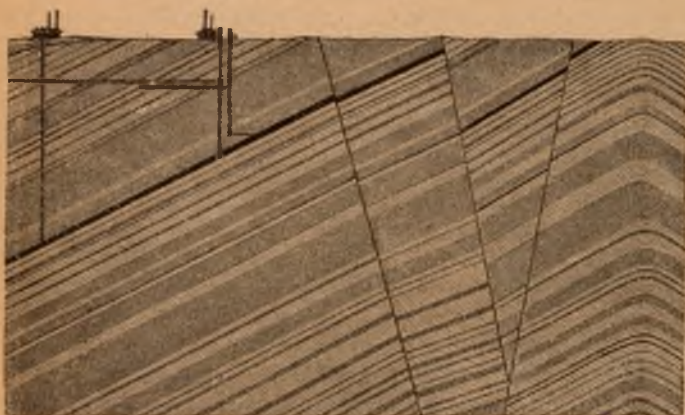
Węgiel kamienny tworzy w głębi ziemi pokłady na przemian z warstwami piaszczystymi i łupków ilowych. Są one często (ryc. 125.) nachylone, nieraz rozmaicie pofałdowane i przecięte uskoki (porówn. § 92.), powstały zaś w bardzo odległym peryodzie dziejów ziemi, tworząc razem z owymi piaszczystymi i t. d. „system węglowy“ wśród warstw

¹⁾ od wyrazu perskiego: nafata, pocić się. ²⁾ ódzo (gr.), wydaję woń; kēras (gr.), róg. ³⁾ Od wyrazu staroniem. bōrnen — palić się.

litosfery. Wytworzył się z nagromadzonych w głębi ziemi resztek roślinnych, które przykryte osadami późniejszymi, zwęglowały się z wolna bez dostępu powietrza.

W pokładach, które towarzyszą węglowi kamiennemu, spotykamy bardzo często odciski i zwęglone resztki ówczesnej flory (por. ryc. 126.).

Ryc. 125.



Przekrój przez warstwy węglowe pod kopalnią Nivka w Królestwie.
Grubsze kreski czarne oznaczają pokłady węgla kamiennego.

ale głównie rodniowce. Wyższe rośliny — okrytozalążkowe — jeszcze wcale nie istniały wówczas, a i świat zwierzęcy nie posiadał zupełnie ssawców, ptaków i t. d.

Ryc. 126.



Odcisk kawałka liścia paproci *Sphenopteris* na łupku ilastym syst. węglowego.

Z nich udało się odtworzyć jej obraz tak szczegółowo, że wiemy dzisiaj wcale dokładnie, z jakich się składała roślin i jak one wyglądały. Były to zatem olbrzymie drzewiaste widłaki (*Lepidodendron*, *Sigillaria*), skrzypy (*Calamites*), drzewiaste paprocie o liściach długości metrowej, prócz tego z pomiędzy roślin nagozalążkowych t. zw. kordaity, a wreszcie wiele innych form,

Przekonano się, że nawet w najbardziej oddalonych krajach kuli ziemskiej pokłady węgla kamiennego zawierają resztki mniej więcej takiej samej flory i fauny. Jest ona zatem nie tylko zupełnie odmienna od dzisiejszej, ale także wielce charakterystyczna dla utworów „systemu węglowego” i dla tego okresu w dziejach ziemi, zwanego „peryodem węglowym”, podczas którego powstały pokłady węgla kamiennego.

Węgiel brunatny znajduje się w młodszych pokładach osadowych, niż węgiel kamienny. Resztki roślinne, z których powstał, ulegały przeto procesowi zwęglania przez odpowiednio krótszy przeciąg czasu. Odnacza się znaczną ilością O, H i N (25—40%), chociaż nieraz z wyglądu prawie nie różni się od węgla kamiennego; często już wolnym okiem można dostrzedz na nim złożenie z części roślinnych, n. p. z pni drzew o wyraźnych słojach drzewnych [*lignit*¹⁾]; w znacznej części wypadków ma barwę więcej brunatną, nie tak czarną, jak węgiel kamienny.

¹⁾ lignum (łac.), drewno.

Antracyt²⁾ jest to węgiel kopalny, który zawiera mniej niż 10% O i H, ledwie z śladami N. Jest on barwy czarnej z wyglądem prawie metalicznym. Pali się trudno, ale zato daje jeszcze więcej ciepła, niż węgiel kamienny.

Torf tworzy się społecznie na mokrych łąkach, bagnach i t. p., zwłaszcza w krajach strefy zimnej, a przynajmniej o klimacie chłodnym lub umiarkowanie ciepłym. Powstaje z mchów rodzaju torfowców (*Sphagnum*), które często tworzą na podmokłych miejscach całe darnie rozległe, lub też z sitów, turzyc, trzcin i t. d., rosnących w wodzie wzdłuż brzegów jezior. Obumarłe części tych roślin, gromadząc się pod powierzchnią wody bez dostępu powietrza, ulegają powolnemu zwęgleniu; ciśnienie warstw górnych, które ciągle od wierzchu przyrastają, zgniata je przytem tak, że tworzą z czasem masę torfową, zazwyczaj barwy rudawo-brunatnej i o wyraźnem złożeniu z części roślinnych. Torf zawiera węgla 50—60%. Jako materiał opałowy odgrywa w wielu krajach bardzo ważną rolę.

Zadania.

1. Porównaj z sobą kilkanaście okazów węgla kamiennego i brunatnego co do wyglądu zewnętrznego i rysy na białej płytce z porcelany nie polewanej.
2. Na podstawie okazów, tablic lub t. p. porównaj florę pokładów węgla kamiennego i węgla brunatnego z sobą i z florą dzisiejszą.
3. Zestaw rozmaite okazy resztek kopalnych świata zarówno roślinnego, jak zwierzęcego i staraj się określić, co przedstawiają i w jaki sposób mogły powstać.

O t. zw. skamieniałościach i ich znaczeniu.

98. Jak w pokładach towarzyszących węglowi kamiennemu, tak samo we wszystkich innych skałach osadowych znajdujemy zazwyczaj ślady roślin i zwierząt, współczesnych tworzeniu się danej skały; nazywamy je wogóle *skamieniałościami*. Są to albo tylko odciski, n. p. liścia jakiejś rośliny (por. ryc. 126.), albo odlewy wnętrza skorupy rozmaitych mięczaków, czyli ich jądra kamienne, albo wreszcie właściwe skamieniałości, n. p. muszle — z których jednak pozostała tylko masa wapienna, zazwyczaj bez połysku i barwy (por. ryc. 127.) — zwęglone lub skrzemieniaste pnie drzew i t. p. Resztki takie roślin i zwierząt są dla poznania dziejów ziemi ogromnego znaczenia; z nich nauka, zwana *paleontologią*, odtwarza całą faunę i florę okresów, o miliony lat od nas oddalonych.

Znaczenie skamieniałości polega atoli nie tylko na tem, że bez nich znajomość historii naszej planety byłaby niezupełna; dopiero bowiem ich poznanie czyni rzeczą prawdziwie możliwą oznaczanie wieku wszystkich skał osadowych. Jeżeli mamy cały system wartw ułożonych prawidłowo, jedne nad drugimi, jak się osadzały w kolei czasu, oczywiście utwory starsze od warstw danych będą zawsze pod niemi (w ich

Ryc. 127.



Kawałek wapienia z licznymi skamieniałościami (amonitami).

¹⁾ ánthrax (gr.). węgiel.

„spągu“), młodsze znajdują się nad nimi (w ich „stropie“). W tym więc wypadku nietrudno określić wiek względny warstw górnych względem dolnych i naodwrot. Gdybyśmy jednak oparli się wyłącznie na tej zasadzie, okazałoby się rzeczą wprost niemożliwą porównywać wiek skał osadowych z dwóch oddalonych miejscowości. Właśnie w takim razie przychodzi na pomoc paleontologia.

Mówiąc o faunie i florze czasów węgla kamiennego, wspomnieliśmy, że posiada ona wspólne cechy znamienne — tak dobrze w Europie, jak w Ameryce lub w Chinach. Wszędzie spotykamy w towarzystwie węgla kamiennego owe od dawna już wymarłe sygilarye, lepidodendrony, lub pewne drzewiaste paprocie, tak charakterystyczne dla tego peryodu w dziejach ziemi. Jeżeli zatem znajdziemy w jakichś pokładach odciski liści i t. p. roślin dopiero wspomnianych, możemy na pewne powiedzieć, że te skały należą do t. zw. „węglowego systemu“ warstw, chociażby wśród nich nie było samego węgla (tworzył się on bowiem i w czasach peryodu węglowego tylko w pewnych szczególnych warunkach).

Tak samo i inne pokłady osadowe, późniejsze lub wcześniejsze od należących do systemu węglowego, mają swoje charakterystyczne czyli *przewodnie skamieniałości*. Pozwalają one porównywać co do wieku skały nawet z najbardziej oddalonych krajów¹⁾. Przekonano się prztem na podstawie kopalnych szczątków roślin i zwierząt, że im pokłady dawniejsze, tem współczesna im flora i fauna różni się stopniowo coraz bardziej od dzisiejszej. Oczywiście przemawia to za powolnym, ale ciągłym rozwojem świata organicznego.

W pierwszej połowie ubiegłego stulecia pojmowano na ogół inaczej zmiany świata roślinnego i zwierzęcego w ciągu dziejów geologicznych, idąc za Cuvierem²⁾, znakomitym twórcą nauki paleontologii. Przypuszczano, że każdy peryod geologiczny, kończył się jakąś wielką katastrofą, w której znajdowały swój grób ówczesne zwierzęta i rośliny; z następną epoką nowy świat organiczny zaludniał morza i kontynenty. Ta „teorya katastrof“ miała tłumaczyć przyczynę różnic w florze i faunie poszczególnych peryodów.

Zadania.

1. Z odcisków wklęsłych zewnętrznej powierzchni rozmaitych muszli (t. zw. odciski ujemne) sporządź przy pomocy kitu szklarskiego odciski dodatnie.
2. Określ, o ile się różni odcisk ujemny od powierzchni skamieniałości właściwej.
3. Jądra kamienne małżów kopalnych porównaj z wewnętrzną powierzchnią skorupy form żyjących obecnie; weź do pomocy odpowiednie ustępy i ryciny w zoologii. Odszukaj na jądрах kamiennych odciski mięśniowe, ślady brzegów płaszcza i zamku.
4. Skamieniałe drzewa nie są skamieniałościami rzadkimi. Sporządź z takiego okazu płytkę sposobem używanym w petrografii (por. str. 34., zad. 1.) i zbudaj ją dokładnie pod mikroskopem.

Pierwiastki.

99. Złoto (T. = 25—3, c. w. = 15—194) krystalizuje się w postaciach układu równoosiowego (O, ∞ O, ∞ O ∞), najczęściej jednak znajduje się w skupieniach druciastych, krzaczkowatych i t. p., a zwłaszcza jako drobne wprysnięcia, nieraz ledwie dostrzegalne, lub na wtórnem to-

¹⁾ William Smith (1769—1839), inżynier angielski, pierwszy poznał wielkie znaczenie skamieniałości dla oznaczania wieku geologicznego warstw skorupy ziemskiej. Znakomitem dziełem jego mapa geologiczna Anglii, wzór późniejszych map tego rodzaju.

²⁾ Jerzy E. Cuvier (1769—1832) był profesorem w Uniwersytecie paryskim. Badania jego nad skamieniałościami okolicy Paryża dały początek paleontologii umiędętej.

żytku w ziarnach i bryłkach. Barwy złocistej, ma połysk metaliczny. Przełam (czyli powierzchnia powstająca skutkiem rozłamania) hakowaty; daje się wyciągać w bardzo cienkie druty i rozklepywać na niezmiernie delikatne blaszki.

Platyna¹⁾. Kryształy jej należą również do ukł. równoosiowego, ale zdarzają się bardzo rzadko. Jest barwy stalowo-szarej, połysku metalicznego. T. niewielka, c. w. bardzo znaczny, około 20. Rozpuszcza się, jak złoto, tylko w wodzie królewskiej.

Znajduje się prawie wyłącznie na łóżysku wtórnym w postaci łusek i bryłek, czasem przerośniętych z serpentynem. Ponieważ serpentyn pochodzi z rozkładu oliwinowych skał wybuchowych, można wnosić, że znajdowanie się platyny jest przywiązane przedewszystkiem do skał tej rodziny. Platynie towarzyszą w napływowych pokładach zazwyczaj: złoto, magnetyt, korund, czasem dyament. Dostarcza jej prawie wyłącznie Ural.

Do minerałów, które są czystymi pierwiastkami metalicznymi, należy prócz rodzimego żelaza jeszcze srebro, rodzima miedź i t. d., zazwyczaj jako produkt rozkładu odpowiednich kruszców (por. § 86.).

100. Siarka (T. = 1·5—2·3, c. w. = 1·9—2·1). Krystalizuje się, jak już wiemy, w ukł. rombowym (por. ryc. 128.). Barwy żółtej, czasem brunatnej, z połyskiem tłustym. Przełam muszlowy.

W naturze powstaje z gazów wulkanicznych (por. § 22.; $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$), jako osad źródeł siarczanych (por. § 41.; $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$), produkt rozkładu gipsu i t. p.

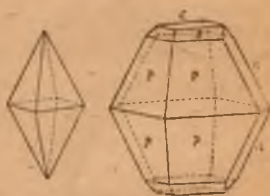
Dyament²⁾ (T. = 10, c. w. = 3·5—3·6) jest czystym węglem krystalicznym. Znajduje się w kryształach ukł. równoosiowego w postaciach często, jak na ryc. 129., gdzie pod lit. b jest przedstawiony t. zw. trój-ośmiościan, pod lit. c czterdziesto-ośmiościan. Kryształy dyamentu odróżniają się zazwyczaj ścianami wypukłymi, stąd czterdziesto-ośmiościany tego minerału są często prawie kuliste. Przezroczysty i bezbarwny, bywa także rozmaicie zabarwiony. Połysk posiada nadzwyczaj silny, tak samo zdolność rozszczepiania białych promieni świetlnych i temu zawdzięcza ów ogień, dla którego jest tak ceniony, jako drogi kamień. Z pomiędzy wszystkich znanych ciał najtwardszy, okazuje łupliwość doskonałą według ścian O.

Dyamenty znajdują się przedewszystkiem w pokładach napływowych. W południowej Afryce znajdują je w t. zw. ziemi niebieskiej, która wypełnia kanały wybuchowe i kraterzy tamtejszych „wulkanów gazowych“, zwanych „pajpami“; jest ona produktem wietrzenia gruzu wybuchowej skały oliwinowej.

Udało się otrzymać dyamenty także na drodze sztucznej: z węgla w stopionem żelazie pod ciśnieniem bardzo dużem i z węgla w stopie krzemianów, tworzących skały oliwinowe, pod ciśnieniem zwyczajnem.

¹⁾ Po hiszpańsku — od plata, srebro — platina (pogardliwie), sreberko, dla niskiej początkowo ceny. ²⁾ adamas (gr.), niepokonany.

Ryc. 128.



Kryształy siarki.

p: P; S: $\frac{1}{2}P$; n: $P\infty$; c: oP.

Ryc. 129.

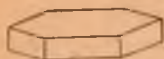


Kryształy dyamentu.

Uwaga. Dyament, wystawiony na światło słoneczne i następnie przeniesiony do ciemnego pokoju, sam słabo świeci. Zjawisko to, nazwane fosforescencją, jest zbliżone do fluorescencji (§ 63., dośw. 5.), która polega również na samodzielnym wysyłaniu barwnych promieni pod wpływem naświetlenia. Są minerały, które fosforyzują po ogrzaniu (n. p. dyament, topaz, fluoryt), pod działaniem prądu elektrycznego (szafor), przy rozdzielaniu w kierunku łupliwości (taflę miki) i t. p.

Grafit¹⁾ (T. = 0.5—1, c. w. = 1.9—2.3). Jest to — jak dyament — odmiana węgla krystaliczna. Krystalizuje się w bardzo drobnych i niewyraźnych, sześciobocznych kryształach tabliczkowatych, układu heksagonalnego (por. ryc. 130.); najczęściej jednak spotyka się go w masach krystalicznych, o złożeniu łusczkowem lub zbitych. Spala się bardzo trudno.

Ryc. 130.



Kryształ grafitu.

Znajdujemy grafit w większych ilościach często wśród t. zw. łupków krystalicznych, które w wielu wypadkach są skałami osadowymi, później przeobrażeniami.

Oczywiście przedstawia on w takim razie znany nam węgiel kopalny, w rodzaju węgla kamiennego, który jednak uległ przekształceniu.

Uwaga. Grafit, dyament i węgiel bezpostaciowy przedstawiają trzy odmiany tego samego pierwiastka, różniące się nie tylko własnościami postaciowymi, ale w bardzo znacznym stopniu także i fizycznymi. Zjawisko to nazywa się *allotropią*.

Pytania, zadania i doświadczenia.

1. Odlej z gipsu (por. podręczn. na kl. IV., str. 35.) model kryształu siarki, jak na ryc. 128. a; jako formy użyj modelu, wyklejonego z papieru. Przez ściecie na odlewie gipsowym odpowiednich naroży i krawędzi łatwo otrzymasz postać taką, jak na ryc. 128. b. W podobny sposób możesz sporządzić modele gipsowe innych, znanych ci kryształów.
2. Wyznacz dla ściany trójośmiościanu i czterdziestośmiościanu stosunek parametrów i powiedz, czemu ściana pierwsza musi się powtórzyć 24 razy, a druga 48 razy.
3. Do jakiego typu ścian (piramidy, słupy i t. d.) zaliczysz trójośmiościan i czterdziestośmiościan? Jaką znasz postać najprostszą w ukl. równoosiowym tego samego typu?
4. Jaki dasz symbol trójośmiościanowi i czterdziestośmiościanowi, kierując się ogólną zasadą (str. 15., § 16.) i analogią z znakiem sześciokąta i dwunastościanu rombowego?
5. Jakie znasz postaci w układzie równoosiowym innych typów, jak trójośmiościan i czterdziestośmiościan?
6. Jakie znasz równoosiowe postaci półścienne?
7. Ile poznałeś klas postaci równoosiowych?
8. Rąb cukier w ciemnym pokoju; co zauważysz i jak to zjawisko nazwiesz?
9. Czem się różni fosforescencja dyamentu od fluorescencji fluorytu?
10. Co nazywamy *allotropią*, a co *różnopostaciowością*? Daj przykłady minerałów różnopostaciowych i *allotropowych*.
11. Z którymi wulkanami w Europie można porównać „pajpy“ afrykańskie?
12. Co można wnosić o tworzeniu się dyamentów ze względu na ich sposób znajdowania się w południowej Afryce? W jakich doświadczeniach możesz znaleźć poparcie dla swoich przypuszczeń?
13. Jak tworzą się minerały w naturze? Pokaż to na przykładach.
14. Daj kilka przykładów przeobrażania się minerałów w przyrodzie!
15. Jakie znasz minerały, które znajdują się przeważnie albo w znacznej części na złożu wtórnym?
16. Które metale znajdujemy w przyrodzie w związku ze skałami bogatymi w oliwin?
17. Na jakiej zasadzie opiera się podział minerałów?

O metamorfizmie i krystalicznych łupkach.

101. Węgiel pochodzenia organicznego może uleść w pewnych warunkach — jak to widzieliśmy — krystalizacji i wytworzyć w ten sposób grafit. Podobne przemiany widzimy niekiedy na wapieniach, które prze-

¹⁾ grąfo (gr.), piszę.

obrażają się w ziarniste marmury, i na innych skałach osadowych, z których mogą powstać rozmaite t. zw. „łupki krystaliczne“, o budowie ziarnisto-krystalicznej, ale jakby uwarstwione (por. ryc. 131.). Zjawisko to obejmujemy nazwą *metamorfizmu*¹⁾, a ze skałami osadowymi, przeobrażonemi w taki sposób, spotykamy się często w tych miejscach, gdzie uległy one znacznemu zgnieceniu, działaniu wysokiej temperatury i t. p., skutkiem bardzo gwałtownego fałdowania się lub kontaktu z skałą wybuchową.

Ale nie tylko czynniki działające lokalnie, jak fałdowanie się warstw lub masy wybuchowe, mogą powodować zjawisko przeobrażania. Wielkie ciśnienie, wysoka temperatura i t. d. wszędzie istnieją w pewnej głębokości pod powierzchnią litosfery i wszystkie skały w miarę, jak osadzają się na nich nowe warstwy, dostają się w strefę, gdzie te czynniki działają, skutkiem czego muszą w takim razie ulegać metamorfizmowi.

Stąd najstarsze skały skorupy ziemskiej, które wraz z granitem tworzą jakby fundament pod młodszymi częściami litosfery, są wszystkie mniej więcej zmetamorfizowane. Główną rolę odgrywają między niemi następujące *łupki krystaliczne*:

Gnejsy, złożone — jak granit, do którego są podobne — z kwarcu, skalenia i łyszczyku, ale budowy pozornie warstwowej (niektóre z nich są tylko przeobrażonymi granitami).

Łupki łyszczykowe — z łyszczykiem i kwarcem jako głównymi składnikami.

Łupek talkowy, białawy, często z zielonawym odcieniem, złożony głównie z samego talku.

Fylity, barwy ciemnej, prawie zbite, łupiące się zazwyczaj łatwo, a złożone z mikroskopijnie drobnych ziarenek przede wszystkim kwarcu i łyszczyków.

Łupki krystaliczne, porównane z krystalicznymi skałami wybuchowymi, różnią się od nich tem, że objawiają często jakby uwarstwienie (por. ryc. 131.), w związku z ułożeniem składników w warstewki równoległe, co widać na przekroju poprzecznym. Znajdujemy w nich nieraz granaty, turmaliny, beryl i inne krzemiany, jako składniki dodatkowe. Często spotyka się wśród łupków krystalicznych marmury i grafit, tak samo większe złoża i soczewki kwarcu krystalicznego lub rozmaitych kruszców.

Prastare łupki krystaliczne, które znajdują się pod najdawniejszemi, znanymi skałami charakteru wyraźnie osadowego, nazywamy *archaicznymi*. Że są to w części także przeobrażone skały osadowe, podobnie jak znacznie młodsze łupki krystaliczne z niewątpliwymi śladami świata organicznego (skamieniałości), dowodem tego znajdowanie się pośród nich tu i ówdzie całych warstw zlepieńcowych. Archaiczne utwory nie zawierają atoli zupełnie resztek roślinnych ani zwierzęcych.

Oczywiście te najstarsze warstwy odsłaniają się tylko wśród pewnych szczególnych warunków — w górach fałdowych skutkiem erozyji i denudacyi dzięki sfałdowaniu się skorupy ziemskiej, lub gdzie indziej z powodu zbyt słabej miąższości (grubości) warstw wyższych.

¹⁾ *méta* (gr.); *morphe* (gr.), postać.

Zadania i pytania.

1. Sporządź płytkę do badań mikroskopowych (szlif) z gnejsu, prostopadle do jego łupliwości, oglądnij ją pod mikroskopem i porównaj z szlifem granitu i piaskowca. Zrób taki sam preparat równolegle do kierunku łupliwości tej skały i tak samo zbadaj przy pomocy mikroskopu. O ile będą się różniły obie płytki?
2. Na jakiej podstawie obejmuje się i łupki krystaliczne i skały wybuchowe jedną nazwą skał krystalicznych? Jakie inne skały przeciwstawisz im?
3. Jak podzieliś ogólnie wszystkie skały skorupy ziemskiej?
4. Powiedz, które z skał warstwowych, leżących nad sobą, uważamy za starsze i wskaż, na jakich podstawach opieramy się przede wszystkim, określając wiek geologiczny utworów osadowych litosfery.
5. Co jest starsze, czy minerał żyłowy, czy te skały, które żyła przecina?
6. W jaki sposób mógłbyś określić wiek geologiczny skały wybuchowej?

Krótkie powtórzenie najważniejszych wiadomości o złożeniu i budowie skorupy ziemskiej i o kształtujących ją siłach.

102. Najstarsze skały skorupy ziemskiej są to opisane co dopiero krystaliczne łupki wieku archaicznego, bez skamieniałości czyli azoiczne¹⁾. Dopiero na nich spoczęły młodsze utwory osadowe — piaskowce, wapień, iły i t. p. z mniej lub więcej wyraźnymi skamieniałościami roślinnymi i zwierzęcymi. Pośród nich osady morskie, znajdujące obecnie na lądzie stałym, świadczą, że w miejscu dzisiejszych kontynentów znajdowały się dawniej morza, a nierzadkie powtarzanie się kilkakrotne naprzemian osadów morskich z charakterystycznymi skamieniałościami i lądowych dowodzi, że zalewy całych kontynentów czyli t. zw. transgresje morskie i cofanie się mórz czyli ich regresje powtarzały się po wielekroć razy.

Ryc. 131.



Hedeberg w górnym Palatynacie.

Skały utworzone przez pofałdowane warstwy łupku łyszczykowego.

Niemalą jednak rolę odgrywają także skały wybuchowe, jako składniki naszej litosfery, przebijając ją w rozmaitych kierunkach. Są to

¹⁾ azoos (gr.), pozbawiony świata zwierzęcego.

żyły i pnie granitowe, syenity, rozmaite skały oliwinowe i t. p., które powstały z magmy krzepnącej w głębi skorupy ziemskiej, i n. p. trachity lub bazalty zakrzepłe na powierzchni ziemi, do których zaliczamy także lawy dzisiejszych wulkanów. Prawie wszędzie pokłady skorupy ziemskiej uległy sfałdowaniu i są przerzniete licznymi i głęboko sięgającymi szczelinami.

W ten sposób przedstawia się obecnie skorupa planety, na której mieszkamy, a jak podnosi to w pierwszej połowie ubiegłego wieku jeden z najznakomitszych geologów, Karol Lyell¹⁾ (czyta się po angielsku: Lajel), działają na nią dzisiaj mniej więcej te same czynniki i siły, jak i w dawno minionych okresach dziejów geologicznych. Z głębi litosfery dobywają się masy wybuchowe, tworząc wulkany, a woda deszczowa, przesiąkając z powierzchni do jej wnętrza i wracając ponownie, daje początek źródłom; po drodze rozkłada ona i rozpuszcza jedne minerały, osadza inne, tworząc w ten sposób wiele żył mineralnych. Ciągłe na powierzchni ziemi w jednym miejscu piętrzą się zwolna i niedostrzegalnie dla oka całe łańcuchy górskie, skutkiem powolnego kurczenia się głębszych warstw kuli ziemskiej, gdzie indziej siły denudacyjne coraz bardziej niszczą dawne góry, ścierając je zwolna z oblicza ziemi. Granice między oceanem a kontynentami zmieniają się również nieznacznie, ale ciągle, a na dnie mórz i na powierzchni lądów powstają pod mechanicznem działaniem wody i powietrza lub dzięki pewnym organizmom, w innych zaś wypadkach jako osad chemiczny — nowe pokłady skał osadowych, które grzebią w sobie cały świat nam współczesny roślin i zwierząt na świadectwo przyszłym epokom. Świat organiczny ulega zresztą nie mniej ciągłej przemianie, jak tego dowodzą skamieniałości, w rozmaitych okresach dziejów ziemi odmienne i o właściwym charakterze.

Minerały okazują rozmaite przeobrażenia, tak samo, jak cała skorupa ziemi. Jedne z nich giną, rozkładając się pod wpływem wody, powietrza i t. d., nowe zato powstają na ich miejscu: coraz inne związki chemiczne spotykają się z sobą za pośrednictwem wody na powierzchni ziemi i w jej głębi, a skutkiem tego powstają ciągle minerały nowe. W ten sposób świat tworów mineralnych nie tylko ulega przemianom, ale tak samo, jak świat organiczny, staje się coraz bardziej rozmaity.

A jeżeli zmian tych, które odbywają się bezustannie na kuli ziemskiej — zarówno w przyrodzie martwej, jak i w świecie tworów żyjących — nie możemy społecznie zauważyć w całej ich doniosłości, to przyczyną tego krótkość nie tylko życia jednego człowieka, lecz istnienia na ziemi rodu ludzkiego. Jest to zatem tylko złudzenie, że przyroda nie zmienia się bez przerwy, chociaż zwolna, tak jak byłoby złudzeniem, gdyby istota jakaś, żyjąca tylko sekunde, twierdziła, że wskazówka godzinowa na zegarze nie obraca się, bo ona tego nie widzi.

Potęga geologicznych czynników przyrody leży przedewszystkiem w ciągłości ich działania i w długości okresów, które tworzą dzieje geologiczne ziemi.

¹⁾ Karol Lyell (1797—1875) wywarł dziełem swoim „Zasady geologii” na rozwój tej nauki wpływ podobny, jak Darwin na postęp nauk biologicznych. Spoczywa w opactwie Westminsterkiem, gdzie Anglia chowa swoich najznakomitszych ludzi.

Przegląd systematyczny minerałów opisanych, lub wymienionych w książce.

Gromada I. Pierwiastki:

Siarka	}	Rząd 1.
Dyament		
Grafit		
	Metaloidy	
Złoto	}	Rząd 2.
Srebro		
Miedź		
Żelazo		
Platyna		
	Metale	

Gromada II. Lśnienie (Lampryty):

Pyrýt	}	Rząd 1.
Markazyt		
Chalkopiryt		
Nikielin		
	Iskrzyki	
Galenit	}	Rząd 2.
Argentyt		
Chalkozyn		
Antymonit		
	Błyszczące	
Tetraedryt	}	Rząd 3.
Pirargiryt		
Proustyt		
	Tetraedryty	
Sfaleryt	}	Rząd 4.
Cynober		
Realgar		
Aurypigment		
	Blendy	

Gromada III. Tlenki:

Woda	}	Rząd 1.
Lód		Hydroity
Boksyt	}	Rząd 2.
Korund		
Kwarczec		
Chalcedon		
Opal		
		Tlenki szkliste
Kasyteryt	}	Rząd 3.
Kupryt		
		Tlenki metaliczne
Piroluzyt	}	Rząd 4.
Limonit		
Hematyt		
Magnetyt		
		Rudy

Gromada IV. Solowce:

(Sole haloidowe; chlorki, fluorki i t. d.).

Sól kamienna	{	Rząd 1.
Sylwin		Chlorki metali lek.
Karnalit		
Fluoryt	{	Rząd 2.
		Fluorki

Gromada V. Gipsowce:

(Siarczany i t. p.).

Anhydryt	}	Rząd Siarczany
Baryt		
Gips		
Kizeryt		
Epsomit		
Kainit		

Gromada VI. Saletrowce:

(Azotany, fosforany i t. d.).

Fosforyt	}	Rząd 1.
Turkus		Fosforany
Saletra sodowa	}	Rząd 2.
(Nitratyn)		Azotany

Gromada VII. Sylikoidy:

(Węglany, krzemiany i t. d.).

Malachit	
Azuryt	
Aragonit	
Kalcyt	Rząd 1.
Dolomit	Węglany
Smitsonit	
Syderyt	
Oliwin	
Augit (piroksen)	
Amfibol	
Ortoklaz	
Plagioklaz	
Topaz	
Turmalin	
Granat	
Kordieryt	Rząd 2.
Beryl	Krzemiany
Garnieryt	
Talk	
Serpentyn	
Muskowit	
Biotyt	
Chloryt	
Kaolin	

Gromada VIII. Węglowce:

Bursztyn	}	Rząd 1.	
		Żywice	
Torf	}	Rząd 2.	
Węgiel brunatny			
Węgiel kamienny			
Antracyt	}	Węgle	
Olej skalny			
Ozokeryt			
Asfalt			
	Rząd 3.		
	Smoly ziemne		

Przegląd systematyczny skał.

	<i>Skały wybuchowe.</i>	
	Rodzina granitu:	
	Granit; porfir kwarcowy, liparyt; smołowiec, obsydyan, pumeks (liparytowy)	
	Rodzina syenitu:	
	Syenit; trachit; smołowiec etc. (trachitowy)	
Skały masywne	Rodzina diorytu:	
	Dioryt; andezyt; smołowiec etc. (andezytowy)	
	Rodzina gabra:	Skały krystaliczne
	diabaz, melafir, bazalt; smołowiec, obsydyan i t. d. (bazaltowy) pokrewny labradoryt	
	Rodzina skał oliwinowych:	
	Perydotyt.	
	<i>Skały krystaliczne.</i>	
	Skały metamorficzne ¹⁾ :	
	Gnejs	
	Łupek łyszczykowy	
	Łupek talkowy	
	Fylit	
	<i>Skały osadowe.</i>	
	Skały okruchowe:	
	Żwiry, piaski	
	Druzgoty, zlepieńce	
	Piaskowce	
Skały warstwowe	Iły, gliny i less	
	Margle	
	Skały, będące osadem chemicznym:	
	Gips	
	Anhydryt	
	Sól kamienna i t. d.	
	Skały zawdzięczające powstanie swoje organizmom:	
	Wapienie	
	Węgla kopalne.	



¹⁾ Część ich przedstawia zmetamorfizowane, zwykłe skały osadowe; inne są przeobrażeniami skałami wybuchowymi.

CZĘŚĆ III.

Najważniejsze wiadomości z geologii historycznej, tudzież

krótki pogląd na stosunki geologiczne Polski.

Co nazywamy geologią historyczną i stratygrafią?

103. Najdawniejszy okres w dziejach ziemi przedstawiają te czasy, kiedy była ona jeszcze w stanie gazowym, a później ognisto-ciekłym.

Z chwilą, kiedy wytworzyła się stała skorupa na kuli ziemskiej, rozpoczyna się nowa faza w jej rozwoju. Geologia historyczna stara się poznać i odtworzyć dzieje ziemi przy pomocy danych, jakich dostarcza właśnie litosfera. Jasny jest przeto związek geologii historycznej ze stratygrafią, zajmującą się następstwem i wzajemnym stosunkiem utworów warstwowych, ponieważ każdy moment w dziejach geologicznych naszej planety zaznaczał się powstawaniem na jej powierzchni nowych skał, a badanie ich natury, sposobu ułożenia, tudzież skamieniałości, zawartych w skałach osadowych, dostarcza najważniejszego materiału dla poznania geologicznej przeszłości ziemi (porówn. § 76.).

Przytem wobec geologii historycznej paleontologia odgrywa dwojaką rolę. Z jednej strony trzeba pamiętać, że bez niej byłoby niemożliwe ściśle określanie wieku geologicznego rozmaitych pokładów (por. § 98.), z drugiej strony odtwarza ona dzieje świata roślinnego i zwierzęcego na kuli ziemskiej i z charakteru fauny pozwala wyprowadzać wnioski, dotyczące się rozmieszczenia mórz i lądów, stosunków klimatycznych i t. p. w ubiegłych czasach geologicznych.

Podział warstw skorupy ziemskiej według chronologii geologicznej.

104. Mieliśmy już sposobność dowiedzieć się, że najdawniejszymi utworami naszej litosfery są pewnie łupki krystaliczne, które nazywamy archaicznymi¹⁾. Nie znaleziono w nich dotychczas żadnych resztek zwierzęcych lub roślinnych i niema żadnych dowodów istnienia organizmów na ziemi w czasach, kiedy one powstały; owszem wszystko przemawia za tem, że warunki ówczesne nie sprzyjały istnieniu świata organicznego. Łupki te przedstawiają t. zw. grupę archaiczną wśród skał warstwowych.

Na nich spoczęły utwory, które już zawierają skamieniałości i tworzą grupy: eozoiczną²⁾, paleozoiczną³⁾, mezozoiczną⁴⁾.

¹⁾ stratum (łac.), warstwa. ²⁾ archaios (gr.), starożytny. ³⁾ eós (gr.), jutrzeńka; zóon (gr.), zwierzę. ⁴⁾ palaios (gr.), dawny. ⁵⁾ mézos (gr.), środkowy.

i kenozoiczną¹⁾. Odpowiadają im w historii ziemi *ery* tej samej nazwy. Każda z grup rozpada się następnie na *systemy*, a w chronologicznym podziale era na *peryody*; systemy znowu dzielą się na *serye* i na *piętra*, które są skałami odpowiednich *epok* i odpowiedniego *wieku*.

105. Podział wszystkich utworów warstwowych skorupy ziemskiej, jak go podaje „stratygrafia“ (por. § 103.), przedstawia się schematycznie, jak następuje:

Grupa	Systemy	Serie i piętra ²⁾	Krótką charakterystykę świata roślinnego i zwierzęcego	
Kenozoiczna	Czwarto- rzędny	Aluwium		Człowiek zajmuje pierwsze stanowisko w przy- rodzie. Mamut, niedźwiedź jaskiniowy i t. d. współ- cześnie z najstarszym znanym człowiekiem. Okres wszelkiego rodzaju ssawców; w fau- nie mięczaków morskich coraz większy pro- cent nawet gatunków dzisiejszych. We flo- rze dominują rośliny okrytozależkowe, prze- dewszystkiem dwuliścienne, także jednoli- ścienne. Amonity, belemnity i t. p. już nie istnieją.
		Dyluwium		
	Trzecio- rzędny	Neogen	Pliocen	
			Miocen	
		Paleogen	Oligocen	
			Eocen	
Mezozoiczna	Kredowy	Górna kreda	Senon	
			Turon	
		Dolna kreda	Cenoman	
			Gault	
		Jurajski	Górna jura albo malm	Neokom
	Dolna jura albo lias			
			Tryasowy	
	Wapień muszlowy			
	Pstry piaskowiec			
	Paleozoiczna	Permski (dyas)	Górny perm	
Dolny perm				
Węglowy		Górny karbon		
		Dolny karbon		
Dewoński		Górny dewon		
		Średni dewon		
		Dolny dewon		
Sylurski		Górny sylur		
		Dolny sylur		
Kam- bryjski		Górny kamber		
		Średni kamber		
		Dolny kamber		

¹⁾ kainós (gr.), nowy. ²⁾ Podział na piętra tylko przykładowo dla paru systemów.

Grup	Systemy	Seque-i piętra	Krótką charakterystyką świata roślinnego i zwierzęcego
Eozoiczna (algonkińska)			W pokładach grupy tej znaleziono dotychczas tylko ślady skamieniałości i to bardzo rzadkie.
Archaiczna			Bez skamieniałości.

106. Warstwy, odpowiadające tym grupom i systemom, znajdują się w skorupie ziemskiej jedne nad drugimi; oczywiście przy normalnem ułożeniu warstw młodsze leżą zawsze nad starszemi.

Trzeba tylko pamiętać, że nigdzie na kuli ziemskiej nie znajdują się na tem samym miejscu wszystkie wyżej wymienione grupy i systemy bez przerw i w całości. Morze jużto zalewało dane miejsca, jużto z nich ustępowało. Podczas zalewu powstawały tam rozmaite osady, w okresach zaś kontynentalnych często nie tylko nie tworzyły się nowe warstwy, lecz nawet już istniejące ulegały na powierzchni zniszczeniu¹⁾ (por. § 76.).

Byłoby zatem niemożliwą porównywać wiek utworów geologicznych w okolicach oddalonych od siebie, a nawet w jednym i tem samym miejscu — jeżeli w następstwie warstw są przerwy — oznaczenie wieku pokładów z większą dokładnością musiałoby przedstawiać trudności nie do pokonania, gdyby nie paleontologia. Wiemy wszelako, że w każdej erze dziejów ziemi, w każdej epoce i t. d. istniały na kuli ziemskiej rośliny i zwierzęta, dla których czas istnienia jest ograniczony tylko do danego okresu. To też wystarczy znaleźć jedną taką skamieniałość przewodnią, aby oznaczyć wiek danego utworu z całą dokładnością (por. § 98.). Oczywiście, w ten sposób można jednak stwierdzić tylko „wiek względny“; nauka nie zna bowiem sposobu, który pozwalałby określać liczbę lat czy stuleci, dzielących pewne momenty geologiczne.

W najstarszych utworach warstwowych ziemi skamieniałości nie znajdujemy zupełnie lub są one niesłychanie rzadkie.

Pytania.

1. Przy jakim ułożeniu warstwy wyższe nie mogą być bezpośrednio młodsze od tych, na których spoczywają (por. str. 90, § 94.1)?
2. W jakim wypadku warstwy młodsze mogą leżeć pod starszemi i naodwrot? (Porówn. o fałdowaniu się warstw).
3. Czy z braku pewnych warstw w danym miejscu można wnosić jedynie, że się nie osadziły, czy też możliwe są jeszcze inne wnioski?
4. Dlaczego faza kontynentalna przedstawia zazwyczaj okres strat, a faza morska czasy powstawania nowych osadów?
5. Na jakich obszarach kontynenty zachowują się, jak baseny morskie, w których tworzą się ciągle nowe warstwy, a nie ubywa materiału już istniejącego?

¹⁾ Ta właśnie okoliczność, nie mniej jak wypiętrzenie warstw skorupy ziemskiej podczas fałdowania, powodują, że nawet najstarsze pokłady znajdujemy często na powierzchni lub w nieznacznej głębokości, n. p. w dolinach rzek silnie wciętych i t. p. Przy kompletnej seryi utworów osadowych i ich poziomem ułożeniu najdawniejsze pokłady musiałyby się znajdować w głębokościach wprost niedostępnych.

Zwięzły szkic stratygrafii skorupy ziemskiej

w związku z dziejami geologicznymi ziemi.

107. Grupy archaiczna i eozoiczna albo algonkińska¹⁾ złożone są — jak już wiemy — w dużej części z łupków krystalicznych. Pierwszą z nich stanowi potężna masa gnejsów, mięszości wielu tysięcy metrów, na której spoczywają łupki łyszczykowe i t. p. Pokłady grupy eozoicznej przybierają ku górze charakter coraz bardziej zbliżony do zwykłych skał osadowych, paleozoicznych. Utwory obu grup, a zwłaszcza archaiczne, są zazwyczaj mocno pofałdowane, popękane i t. p.

Skamieniałości — bardzo rzadkie i niewyraźne — znaleziono do tychczas w pokładach eozoicznych czyli algonkińskich. Kuliste skupienia serpentynowo-wapienne, spotykane wśród utworów archaicznych nie-rzadko, zarówno w Ameryce, jak i w Europie, a opisane pod nazwą *Eozoon canadense*, okazały się utworem pochodzenia nieorganicznego.

W Europie znajdujemy utwory archaiczne (w części przykryte osadami eozoicznymi) w Skandynawii i Finlandyi, w Alpach (gdzie tworzą wraz z granitem trzon krystaliczny tych gór), Sudetach, w Czeskim i Warszawskim Lesie, w Górach Kruszcowych, Bretanii, Szkocyi i t. d.

Obfitują one w żyły i inne złoża kruszcowe.

108. Grupa paleozoiczna. Tworzą ją u spodu ciemne łupki iłowe, przechodzące w fylity, dalej szare, twarde piaskowce droбноziarniste w towarzystwie łupków, zwane „szarowaką“ (z niemieckiego), także nie-rzadko kwarcyty i podrzędnie ciemne wapienie; ku górze wapieni coraz więcej, obok nich rozmaite piaskowce, łupki iłowe, dolomity i t. p. Ze skał wybuchowych znajdujemy wśród starszych utworów paleozoicznych żyły granitu, syenitu, diabazu, pośród młodszych — porfiry i melafiry.

Świat organiczny najdawniejszych utworów paleozoicznych, składa się z samych zwierząt bezkręgowych i z roślin, wśród których najwyższe są rodniowcami. Kręgowce, mianowicie *ryby* z szkieletem chrząstkowym (ryc. 134.), pojawiają się dopiero w systemie sylurskim, a gady były najwyższymi zwierzętami kręgowymi, żyjącymi w tej erze. Są to jednak czasy wielkiego rozkwitu *głównonogów*, pokrewnych łodzikowi (*orthoceras*, ryc. 133. c), *ramienionogów*²⁾ (*brachiopoda*, ryc. 133. a i 135. b, c) i szkarłupni, głównie *liliowców* (ryc. 133. b). Z członkonogów zasługują na uwagę skorupiaki — mianowicie *eurypterusy* (ryc. 133. d) i bardzo charakterystyczne *trylobity* (ryc. 133. e), które jednak nie przeżyły tej ery, tak samo jak wiele innych rzędów, a nawet całych gromad świata zwierzęcego, właściwych tylko czasom paleozoicznym. We florze pano-wały *drzewiaste paprocie*, *skrzypy*, *widłaki* (ryc. 136. i 137.); z wyższych roślin widzimy nagozależkowe, ale dopiero w późniejszych pe-ryodach.

W bogactwa mineralne obfituje ta grupa. Prócz węgla kamiennego, który znajduje się wśród jej utworów warstwowych głównie w systemie węglowym, występują tu obficie kruszce żelaza (n. p. Eisenerz w Styrii), ołowiu i srebra (Przybram w Czechach), tudzież złota (Transwaal); w systemie permskim znajdują się potężne pokłady soli kamiennej, być może, największe na całej kuli ziemskiej (Stassfurt, Sperrenberg), warstwy dewońskie w Stanach Zjednoczonych dostarczają olbrzymich ilości nafty.

109. System kambryjski³⁾ jest znany przeważnie z utworów morskich z fauną

¹⁾ Algonkin — nazwa ogólna dla pewnych szczepów Indyan Ameryki półn. ²⁾ Zwi-
erzęta z miękkim ciałem zamkniętym (podobnie, jak małże) między dwiema skorupami,
zazwyczaj wapiennymi — grzbietową i brzuszna. ³⁾ Od gór Kambryjskich w Walii.

składającą się jeszcze z samych zwierząt bezkręgowych, między którymi trylobity zajmują pierwsze miejsce.

Znajdujemy te warstwy, rozwinięte bardzo dobrze i na znacznych przestrzeniach — w Europie, między innymi w Anglii, w Czechach i na półwyspie Skandynawskim, poza Europą n. p. w Ameryce północnej. W Polsce znane są tylko w kilku rozrzuconych punktach. I tak widzimy je koło Sandomierza, gdzie na lewym brzegu Wisły (góry Pieprzowe) tworzą stromy i wysoki brzeg wiślany, potem w paru miejscowościach między Sandomierzem i Kielcami, a na prawym brzegu Wisły w postaci małej skałki wśród utworów dyluwialnych we wsi Gorzyce koło Tarnobrzegu; na Litwie znaleziono je w Rawaniczach, w powiecie ihumeńskim.

II. System sylurski¹⁾ rozwija się w postaci osadu mórz sylurskich w wielu krajach, przedewszystkiem tam, gdzie już widzieliśmy utwory kambryjskie, na których bezpośrednio spoczywa. W Polsce znajdujemy go w górach Kielecko-sandomierskich i w znacznej części Podola.

Ryc. 132.



Okaz wapienia sylurskiego z Podola z tentakulitami (clenkie, stożkowate skorupki), z resztkami ramienionogów, koralami i śladami trylobitów.

do sylurskiej i drugą fację (por. str. 75.) kontynentalną wielkich a płytkich jezior pustyniowych, w których się osadzało mnóstwo materiału piaszczystego, dając początek olbrzymim masom charakterystycznych, często czerwonych piaskowców; fauna tej drugiej facji składa się głównie z ryb pancernych (ryc. 134.) i olbrzymich skorupiaków, pokrewnych sylurskim eurypterusom.

Morski dewon widzimy znakomicie rozwinięty nad Renem, w Harcu, w Czechach, w Polsce w Krakowskim i w górach Kielecko-sandomierskich; system dewoński w facji piaskowcowej (t. zw. starszy piaskowiec czerwony) zajmuje znaczne przestrzenie w Szkocji, Irlandyi, w nadbałtyckich prowincjach rosyjskich, a u nas na Podolu, skąd piaskowce,

Fauna peryodu sylurskiego była — jak widzimy na licznych skamieniałościach — obfita i urozmaicona, a kręgowce, mianowicie najniższe ryby chrzęstnoszkieletowe pojawiają się już z początkiem syluru. W warstwach tego systemu uderza wielkie bogactwo koralów, a dalej obfitość liliowców (szkarłupnie) i ramienionogów. Między mięczakami zasługują na uwagę ortocery i inne głowonogi pokrewne dzisiejszemu łodzikowi, tudzież t. zw. tentakulity (por. ryc. 132.), zbliżone — jak się zdaje — do pewnych ślimaków, obecnie żyjących w morzach, wymierające jednak zupełnie już w dewonie. Z członkonogów są dla tego peryodu szczególnie znamienne rozmaite trylobity, należące do skorupiaków, razem z pewnymi żyjącymi podówczas olbrzymami tej gromady, takimi, jak eurypterusy. Ryby, chociaż znane już z najstarszego syluru, odgrywają w tym systemie tylko podrzędną rolę i pojawiają się w większej ilości dopiero w peryodzie dewońskim.

III. System dewoński²⁾ przedstawia się w wielu wypadkach jako ciąg dalszy utworów sylurskich. Można w nim wyróżnić w Europie przedewszystkiem dwójakie utwory: morskie, utworzone przez wapienie, szarowakę, łupki ilowe i t. p. często z bardzo bogatą fauną, podobną

¹⁾ Od nazwy dawnego królestwa Sylurów w Anglii. ²⁾ Od hrabstwa Devonshire w Anglii.

należące tutaj, są u nas znane pod nazwą kamienia trembo-welskiego. Na dewonie rozwija się z kolei:

112. System węglowy albo karboński. Utwory morskie tego systemu przedstawiają się często jako wapienie z bogatą fauną właściwą morzom, lądowe zawierają pokłady węgla kamiennego i resztki bujnej flory ówczesnej; te ostatnie noszą nazwę „warstw produktywnych”. Fauna mórz ówczesnych nie odbiega jeszcze znacznie od typu faun starszych (por. ryc. 135.), odznacza się bogactwem liliowców, które w tym czasie dochodzą swego najwyższego rozwoju, dalej zanikaniem trylobitów, które w następnym peryodzie wymierają zupełnie. Natomiast w warstwach lądowych, które dostarczają resztek flory karbońskiej, znajdują się odciski pajęczaków, owadów, a z pomiędzy kręgowców — najstarsze na kuli ziemskiej płazy.

Świat roślinny peryodu węglowego przedstawia najdawniejszą, bogatą florę znaną na ziemi. Charakter jej zupełnie inny, niż wegetacyi nam współczesnej. Olbrzymie widłaki (*Lepidodendron* i *Sigillaria*), drzewiaste skrzypy (*Calamites*), zwane kalamitami, należące do skrzypów annularye (por. ryc. 136.) i t. p., wreszcie paprocie postaci ogromnych drzew nadawały charakter bujnemu światu roślinnemu tych czasów (porównaj rycinę 137.). Z roślin nasiennych znane są z warstw węglowych przede-wszystkiem nagozależkowe kora-daity.

W Polsce znajdujemy system karboński w pierwszym rzędzie na Śląsku i w Krakowskiem; jest to t. zw. Śląsko-krakowski zagłębie węglowe. Tylko górna część systemu węglowego, wykształcona jako „formacja produktywna”, zawiera pokłady węgla kamiennego. Dolną serję tworzy w Krakowskiem przeważnie morski „wapień węglowy”. Na Śląsku w miejscu wapienia węglowego rozwijają się mniej więcej spół-

Ryc. 133.



Skamieniałości systemu sylurskiego. a — *Rhynchonella Wilsoni* (ramienionóg) z Podola; b — *Lecanocrinus elegans* (liliowiec); c — *Orthoceras* sp.; d — *Eurypterus remipes* z Podola; e — *Dalmanites socialis* (trylobit).

Ryc. 134.



Dewon. *Asterolepis* (ryba pancerna).

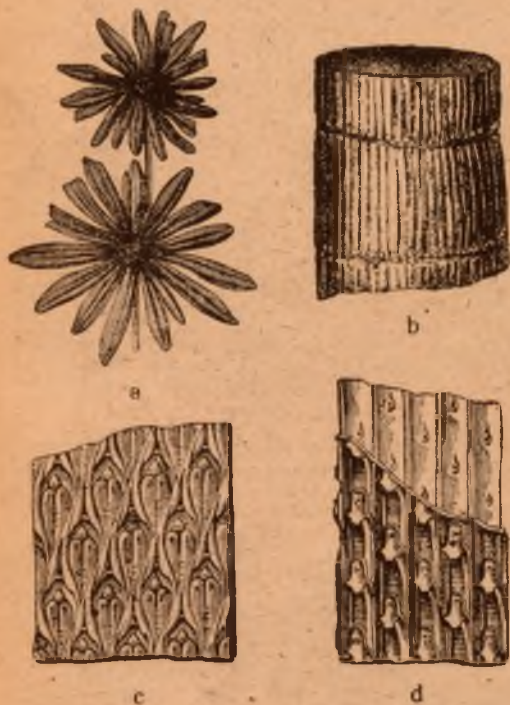
Ryc. 135.



Skamieniałości zwierzęce systemu węglowego. *a* — *Lithostrothion canadense* (koral); *b* — *Productus semireticulatus* (ramienionóg); *c* — *Spirifer striatus* (ramienionóg); obie ostatnie skamieniałości z Krakowskiego.

z resztkami roślin, niekiedy nawet z pokładami

Ryc. 136.



System węglowy. Skamieniałości roślinne systemu węglowego. *a* — *Annularia*; *b* — *Calamites*; *c* — *Lepidodendron*; *d* — *Sigillaria*.

czesne z nim pokłady ciemnych łupków ilowych i piaskowców z resztkami roślin lądowych i zwierząt morskich; są to t. zw. „warstwy kulmowe”. W ostatnich czasach stwierdzono istnienie wapienia węglowego także i w Kieleckiem. Wogóle utwory systemu karbońskiego znajdujemy w wielu krajach i we wszystkich częściach świata, a o ile są rozwinięte w lacy, odznaczają się obecnością pokładów węgla kamiennego, są one wszędzie podstawą wielkiego przemysłu, który obecnie nie może się obejść bez ogromnych ilości materiału opałowego.

113. System permski¹⁾ [albo dyasowy²⁾] rozwija się bezpośrednio na najwyższych warstwach systemu węglowego, które w wielu miejscach przechodzą w utwory permskie zwolna i bez przerw jakichkolwiek. I tu można rozróżnić w Europie utwory jeziorne w postaci warstw ilastych i piaskowcowych z fauną ubogą, złożoną przeważnie z ryb, skorupiaków i t. p., węgla kamiennego — i osady czysto morskich dolomitów, wapieni i t. d. W Niemczech dolna część systemu jest kontynentalna, górna przedstawia osad morza zamkniętego i nosi osobną nazwę „cechsztynu”.

Pod względem faunistycznym i florystycznym system permski zbliża się jeszcze wybitnie do węglowego, chociaż już widzimy w nim pewne objawy, będące jakby zapowiedzią następnej ery mezozoicznej, n. p. pojawienie się po raz pierwszy liczniejszych gadów.

W Polsce znajdujemy perm przede wszystkim w Tatrach i w Krakowskim, tudzież w Kieleckiem.

114. Grupa mezozoiczna. Litologicznie³⁾ odznacza się ona obfitością jasnych wapieni i margli, obok których znajdujemy często w znacznych ilościach iły rozmaitego rodzaju i różne piaskowce, zlepience i t. p. We wszystkich utworach mezozoicznych Europy zaznaczają się wyraźnie przede wszystkim dwa odrębne obszary: środkowej Europy i alpejski, który zresztą

¹⁾ Od gubernii permskiej w Rosyi.
²⁾ Od podziału na dwie serye (dyas (gr.), dwoistość). ³⁾ litos (gr., kamień; logos (gr.), nauka; litologia, nauka o skałach.



Krajobraz z peryodu węglowego: po lewej ręce na pierwszym planie lepidodendron, dalej drzewiaste paprocie; po prawej stronie sygillaria, dalej dwa potężne kordalify, a w głębi zarosła kalamitów. Według Potoniego.

obejmuje nie tylko Alpy, lecz także całą południową Europę; obszary te różnią się im właściwym światem zwierzęcym.

Pod względem faunistycznym w czasach mezozoicznych zaznacza się wogóle ubytek tych grup świata zwierzęcego, które dla ery poprzedniej były szczególnie charakterystyczne. Nie widzimy n. p. trylobitów, wielu ramienionogów i t. p., gdyż w erze mezozoicznej należą one już do wymarłych mieszkańców ziemi. Natomiast wysuwają się na pierwszy plan *korale*, podobne do dzisiejszych, a z pomiędzy szkarłupni *jeżowce* (ryc. 142. i 144.), dalej rozwija się bardzo znacznie fauna *matków* i *ślimaków*, a z głowonogów *amonity* (ryc. 142. i 144., — istnieją one zresztą już w erze paleozoicznej) dochodzą razem z *belemnitami* (ryc. 142. i 144.) do szczytu swego rozwoju. Wreszcie z pomiędzy kręgowców pojawiają się dopiero w tej erze *ryby kostnoszkieletowe* i pierwsze kręgowce ciepłokrwiste, t. j. ptaki (*Archaeopteryx* ryc. 143. c) i ssawce, a *gady* rozwijają się tak, jak nigdy przedtem i potem (ryc. 140., 141. i 143. a, b).

Ryc. 138.



Skamieniałości systemu tryasowego. a — *Encrinurus lilliformis* (liliowiec); b — *Terebratulula vulgaris* (ramienionog); c — *Myophoria costata* (małż) na kawałku dolno-triasowego dolomitu marglowego z okolic Krakowa; d — odcisk stóp olbrzymiego płaza *Chirotherium*.

Resztki kopalne roślin, znajduwane w utworach mezozoicznych, wskazują na nie mniej daleko sięgające zmiany, jakim uległ świat roślinny. Jeżeli florę paleozoiczną możemy nazwać florą olbrzymich rodniovców, to dla świata roślinnego ery mezozoicznej są charakterystyczne w tym samym stopniu drzewiaste *sagowce* (ryc. 139.) i *rośliny szpilkowe*. Należy jednak zaznaczyć, że już w pervodzie kredowym rozwijają się pierwsze rośliny dwuliścienne, które wkrótce obejmują rolę dominującą.

W minerały pożyteczne obfituje również i ta grupa. U nas n. p. w utworach tryasowych znajdują się w Krakowskim i na Śląsku bogate złoża kruszców cynku, ołowiu ze srebrem i żelaza, a prócz tego pokłady tryasowe i jurajskie w Kieleckim zawierają sydereyty ilaste (obok limonitów), zaś warstwy jurajskie koło Częstochowy dostarczają sferosydereytów. Te same rudy żelaza (sydereyty ilaste i sferosydereyty) są nierzadkie także w kredzie karpackiej.

115. System tryasowy¹⁾. W Europie znajdujemy go wykształconym w dwojaki sposób, mianowicie: jako tryas t. zw. niemiecki i alpejski. W Niemczech wyróżniono w nim trzy serye: dolną, przeważnie z szczątkami fauny lądowej (nosi ona nazwę „piaskowca pstrego” i jest utworem pustyniowym); środkową, złożoną z wapieni, dolomitów i margli, z fauną morską, ale stosunkowo ubogą, wskazującą na morze rozległe lecz zamknięte (jest to t. zw. serya „wapienia muszlowego”); wreszcie seryę górną, gdzie zaznacza się znowu wybitnie powrót do stosunków bardziej kontynentalnych. Stąd powtórnie przeważa w niej pokładów z resztkami roślin, gdzieśniedzie z warstwami węgla i t. p. (jest to t. zw. „serya kajprowa”, której najwyższą część nosi nazwę „retu” albo warstw retyckich). W całych Niemczech i sąsiadującej części Francji i Szwajcarii, nie mniej w Polsce — na Śląsku, w Krakowskim, w Kieleckim i Radomskim — znajdujemy wszędzie tryas, wykształcony w podobny sposób.

Ryc. 139.



Sagowiec tryasowy. (Pterophyllum Braunianum).

Zupełnie odmienny charakter ma tryas alpejski, który jest widocznie utworem wielkiego oceanu. Widzimy go we wszystkich częściach świata mniej więcej tak samo rozwiniętym, z bardzo bogatą fauną amonitów (która w tryasie niemieckim przedstawia się nader uboga), z charakterystycznymi innymi mięczakami i t. p.

Ryc. 140.

Na południowej półkuli w Afryce południowej, a na północnej w Indiach Przedgangesowych utwory tryasowe tworzą na znacznych przestrzeniach górną część potężnie rozwiniętego układu warstw pochodzenia lądowego, który ku dołowi sięga — być może — aż do węglowego systemu i okazuje u spodu znamiona utworu lodowcowego. Cały ten kompleks, odpowiadający zatem kilku systemom, nosi w Indiach nazwę „warstw Gondwana”;

w Afryce południowej, gdzie odznacza się nadzwyczajną obfitością kopalnych gadów, otrzymał miano „formacji Karoo” (czyt. Karu).

Już w faunie tryasowej zaznacza się obfitość amonitów i rozmaitych gadów; liliowce, ubogie co do liczby gatunków, jeszcze niekiedy znajdują się w tak znacznej ilości osobników, że tworzą w ten sposób t. zw. wapienie krynoidowe (Enerinus lilliformis, ryc. 138. a). Wreszcie zasługuje na uwagę pierwsze pojawienie się ssawców właśnie w tym periodycz. W świecie roślinnym obok drzew szpilkowych dominują sagowce.

116. System jurajski²⁾, litologicznie przedstawiający się bardzo rozmaicie, odznacza się szerokim rozprzestrzenieniem we wszystkich częściach świata przeważnie jako



Idealny krajobraz jurajski z parą brontozaurów.

osobników, że tworzą w ten sposób t. zw. wapienie krynoidowe (Enerinus lilliformis, ryc. 138. a). Wreszcie zasługuje na uwagę pierwsze pojawienie się ssawców właśnie w tym periodycz. W świecie roślinnym obok drzew szpilkowych dominują sagowce.

116. System jurajski²⁾, litologicznie przedstawiający się bardzo rozmaicie, odznacza się szerokim rozprzestrzenieniem we wszystkich częściach świata przeważnie jako

¹⁾ Od podziału na trzy główne serye; trias (gr.), troistość. ²⁾ Od gór Jura.

osad morski. Z pomiędzy trzech głównych seryi, na jakie się rozpada, dolnej, t. j. „liasowej“, brakuje w wielu miejscach, n. p. w Polsce, w Rosyi i t. d.; natomiast jura średnia, czyli „brunatna“ albo „dogger“, a zwłaszcza jura górna, czyli „biała“ albo „malin“, zajmują bardzo znaczne przestrzenie, spoczywając niezgodnie (por. § 94.) na najrozmaitszych systemach starszych.

Świat zwierzęcy peryodu jurajskiego odznacza się przypadającym na ten okres bardzo znacznym rozwojem amonitów i belemnitów (ryc. 142.), a dalej obecnością z pomiędzy zwierząt kręgowych najrozmaitszych gadów (*Plesiosaurus*, *Ichthyosaurus* (ryc. 143. a, b, okazałe zwierzęta morskie, długości kilku metrów, dalej *Brontosarus*, ryc. 140. i 141., olbrzymi potwór lądowy, długi około 20 m) i pojawieniem się pierwszych ptaków (ryc. 143. c). Zasluguje nie mniej na uwagę obfitość ramienionogów jurajskich (ryc. 142.) — chociaż fauna ich znacznie uboższa, niż w erze paleozoicznej, — mnogość jeźowców (ryc. 142.), które w morzach ówczesnych zastępują coraz rzadsze liliowce, wreszcie bardzo bogata i urozmaicona fauna gąbek (ryc. 142.), tudzież koralu i t. d.

We florze ówczesnej nieznanne są jeszcze rośliny okrytozalążkowe. Składa się ona głównie z drzewiastych paproci i sagowców oraz nierzadkich drzew szpilkowych.

Ryc. 141.



Kościec brontozaura, ustawiony w nowojorskiem Muzeum historyi naturalnej.
Według fotografii z natury.

W Polsce odgrywają warstwy jurajskie ważną rolę: tworzą one Krakowsko-wieluńskie pasmo jurajskich wyniosłości między Krakowem i Kaliszem (Wawel, Olsztyn, Jasna Góra i t. d.), występują prócz tego na wyżynie Kielecko-sandomierskiej, wreszcie wchodzą w skład utworów, z których są złożone Tatry, budują Pieniny i t. d.

Na warstwach jurajskich rozwija się jako utwór bezpośrednio młodszy, a bardzo rozpowszechniony:

117. System kredowy¹⁾. Odznacza się on równie wielką różnorodnością pod względem litologicznym, jak i poprzedni.

Co do skamieniałości, jakie znajdują się w warstwach kredowych, zwraca uwagę wyraźny ku górze ubytek belemnitów i amonitów, między którymi widzi się stosunkowo liczne formy rozkręcone (ryc. 144., rys. 5.), ślimakowato zwinięte lub nawet zupełnie proste; fauna gadów staje się znacznie uboższą w porównaniu z utworami jurajskimi, a pośród ryb zaznacza się przewaga kostno-szkieletowych.

¹⁾ Od powszechnie znanej, białej kredy, której pokłady znajdują się w tym systemie.



Skamieniałości z warstw Jury polskiej. 1 — *Rhynchonella moravica* (ramienionóg); 2 — *Cnemidium rimulosum* (gąbka); 3 — *Terebratulina bisulcarinata* (ramienionóg); 4 — *Harpoceras rossienne* (głownóg, amonit); 5 — *Belemnites hastatus* (głownóg); 6 — *Perisphinctes plicatilis* (głownóg, amonit); 7 — *Pholadomya ovulum* (małż); 8 — Kołce jeżowca *Cidaris coronata*; 9 — *Cidaris coronata* (jeżowiec bez kołców). 4 i 7 — z warstw jury średniej czyli brunatnej (dogger); okazy pozostałe z wapieni gorno-jurajskich (małm). (Wszystko pomniejszone, ryc. 4, 6 i 7 — jądra kamienne).

W rozwoju świata roślinnego peryod kredowy stanowi ważny moment pierwszego pojawienia się roślin dwuliściennych.

System kredowy, zwłaszcza jego górna część w wykształceniu morskiem odznacza się szerokim rozprzestrzenieniem, podobnie, jak utwory jurajskie.

W Polsce, znajdujemy utwory kredowe odsłonięte na większych obszarach w Krakowskim, nad Nidą, na wyżynie Lubelskiej,

Ryc. 143.



Gady i najstarszy ptak peryodu jurajskiego.
a — Plesiosaurus dolichodeirus, pomniejszony 40 razy; b — Ichthyosaurus quadriscissus, znacznie pomniejszony; c — Archaeopteryx lithographica.

i w Karpatach, a w mniejszych partyach rozrzucone tu i ówdzie, aż po Gdańsk i Bałtyk. Widzimy je również na Podolu, na Wołyniu i Litwie. Z wyjątkiem Karpat, gdzie obok górnej kredy znajduje się i dolna, są to prawie wszędzie utwory młodszej seryi, głównie senon, w postaci białych lub żółtawych margli, zwanych w pewnej odmianie „opoką“.

118. Grupa kenozoiczna. Iły, gliny, piaski, piaskowce, żwiry, lub zlepience, margle i rozmaite wapienie są w tej grupie najpospolitszymi utworami osadowymi. Z pomiędzy skał wybuchowych trachity, andezyty i bazalty występują często na bardzo znacznych przestrzeniach i w wielkich masach.

Jest to okres powolnego kształtowania się mórz i lądów coraz podobniej do stosunków, które widzimy obecnie. Pod koniec peryodu trzeciorzędnego tworzą się dzisiejsze lądy i obecne baseny morskie, w ciągu tego

Ryc. 141



Skamieniałości warstw kredowych okolicy Lwowa. Z książki Friedberga. 1 — *Terchrentula carnea* (ramienionóg); 2 — *Rhynchonella plicatilis* (ramienionóg); 3 — *Lima decussata* (małż); 4 — *Voluta semilunata* (ślimak); 5 — *Scaphites constrictus* (głównóg, amonit); 6 — *Leda producta* (małż); 7 — *Vola striatocostata* (małż); 8 — *Gryphaea vesicularis* (małż); 9 — *Belemnites mucronata* (głównóg); 10 — *Baculites Kporri*, tylko kawałek skorupy (głównóg, należący do amonitów, o skorupie zupełnie rozkręconej i wyprostowanej); 11 — *Anachytes ovata* (jeżowiec); 12 — *Inoceramus Cripsi* (małż). Wszystko nieco pomniejszone; ryc. 3, 4, 5, 7, 10 i 12 — jądra kamienne.

peryodu piętrzą się ostatecznie najwyższe góry pasmowe doby nam współczesnej, stosunki klimatyczne zbliżają się również coraz bardziej do obecnych.

Ryc. 145.



Europa w czasach miocenów. Według Lapparent'a. Pola białe oznaczają ląd suchy, kreskowane — morza, a punktowane — jeziora, względnie odcięte laguny morskie.

najdujemy w niej z każdym wyższym piętrzem coraz większy procent

Ryc. 146.



Wapień paleogeński z skorupami ślimaków i małżów.

Ryc. 147.



Wapień z numulitami.

strefy zimnej. Na czasy dyluwialne przypada t. zw. epoka lodowa (porówn. § 69.).

W ślad za tem także świat roślinny i zwierzęcy staje się coraz podobniejszym do dzisiejszego.

Olbrzymie gady mezozoiczne wymierają z końcem poprzedniej ery i rozpoczyna się w faunie lądowej panowanie ssaków (por. ryc. 149. i 151.). Fauna mięczaków w morzach trzeciorzędnych (rycina 150.) staje się tak podobną do dzisiejszej, że od-

nawet nam współczesnych form małżów i ślimaków: amonity i belemnity wygasają z końcem ery poprzedniej. Świat zwierzęcy czwartorzędny na ogół jest już w zupełności podobny do obecnego, chociaż w dyluwium żyją jeszcze w Europie mamuty (ryc. 152.), pokrewne dzisiejszym słoniom, dalej nosorożce, lwy i t. p. obok rena, wołu piżmowego i innych przedstawicieli

We florze kenozoicznej dominują rośliny dwuliścienne (ryc. 148.); ma ona w Europie środkowej w początkach peryodu trzeciorzędnego charakter jeszcze strefy gorącej, przybiera jednak zwolna znamiona strefy umiarkowanej ciepłej i umiarkowanej, a w dyluwium (epoka lodowa) obejmuje gatunki właściwe nawet krajom północnym. Na uwagę zasługują odciski morskich glonów w pewnych warstwach, n. p. w karpaccich, zwane fukoidami (porówn. ryc. 148. a).

W ciągu dyluwium zjawia się wreszcie na pewne i człowiek współczesny mamutowi.

Z pomiędzy minerałów pożytecznych znajdujemy w utworach kenozoicznych, oprócz pewnych kruszców, jeszcze siarkę, węgiel brunatny, naftę, wosk ziemny i sól kamienną.

119. System trzeciorzędny.

Dla eocenu i dolnego oligocenu są bardzo charakterystycznymi skamieniałościami olbrzymie otwornice, zwane numulitami (ryc. 147.). Wogóle w obu najniższych piętrach trzeciorzędu [eocen¹⁾ i oligocen²⁾], zwanych „paleogenem“³⁾, fauna morska jest dosyć różna od dzisiejszej, a w jeszcze wyższym stopniu widzimy to na faunie lądowej ssawców, której nadają charakter torbacze, podobne do tapirów paleoterya (ryc. 149. a), anoploterya, dalej protoplaści dzisiejszych mięsożerców (kreodonty) i rozmaite przeżuwacze. Flora ówczesna, środkowo-europejska, odznacza się obecnością palm i innych roślin strefy tropikalnej.

W „neogenie“⁴⁾ [miocen⁵⁾ i pliocen⁶⁾] prawie

¹⁾ eós (gr.), jutrzeńka; kainós (gr.), nowy. ²⁾ oligos (gr.), mało. ³⁾ palaiós (gr.), dawny; genesis (gr.), powstanie. ⁴⁾ néos (gr.) nowy. ⁵⁾ méion (gr.), mniej; kainós (gr.), nowy. ⁶⁾ pleión (gr.), więcej.

Ryc. 148.



Skamieniałości trzeciorzędnych roślin. a — Chondrites furcatus (glon), b — Cinnamomum.

Ryc. 149.



Przedstawiciele trzeciorzędnych ssawców. a — Palaeotherium magnum (z paleogenu); b — Hipparion gracile (z neogenu).



Skamieniałości z warstw miocenkich w Polsce. Z książki Friedberga. 1 — *Cerithium lignitarum* (ślimak); 2 — *Cassid saburon* (ślimak); 3 i 8 — *Conus Dujardini* (ślimak); 4 — *Trochus patulus* (ślimak); 5 — *Cerithium pictum* (ślimak); 6 — *Turritella Archimedis* (ślimak); 7 — *Pleurotoma asperulata* (ślimak); 9 — *Natica millepunctata* (ślimak); 10 — *Venus cineta* (małż); 11 — *Cardium prae-echinatum* (małż); 12 — *Cardita rudista* (małż); 13 — *Pecten elegans* (małż); 14 i 16 — *Ostrea digitalina* (małż); 15 — *Pectunculus pilosus* (małż); 17 — *Isocardia cor* (małż); 18 — *Panopaea Menardi* (małż). Wszystko pomniejszone; ryc. 17, 18 — jądra kamienne.

znikają numulity, a w faunie mięczaków zwiększa się ogromnie procent gatunków wspólnych morzom ówczesnym i dzisiejszym. (Najpospolitsze u nas gatunki mioceńskich mięczaków na ryc. 150.). Z pomiędzy ssawców jawią się olbrzymie trąbowce — dinoterya i maśtodonty, — tudzież nosorożce i tapiry, już bardzo zbliżone do dzisiejszych, a plioceński Hipparion (ryc. 149. b) zupełnie przypomina nam na pierwsze wejście współczesnego konia; takie samo zbliżenie do form obecnych widzimy w świecie ptaków i owadów. Palmy na płn. od Alp i Karpat cofają się ku pld., laury i cynamony (ryc. 148. b) utrzymują się jeszcze jakiś czas, ale już w pliocenie znikają u nas zupełnie, a dominującą rolę obejmują rośliny kotkowe. wiązy, klony i t. p.

Utwory trzeciorzędne należą oczywiście do najbardziej rozpowszechnionych; trzeciorzędne zagłębła londyńskie, paryskie, wiedeńskie są znane od dawna. W południowej połaci ziem polskich morskie warstwy mioceńskie zajmują ogromne przestrzenie. W Prusach zachodnich i wschodnich tudzież na Litwie widzimy starsze warstwy, oligoceńskie (jako zielone piaski i t. p.). W Karpatach cały paleogen odgrywa znaczną rolę.

Na szczególną uwagę zasługują potężne śródkowodne utwory w środkowych Stanach Zjednoczonych Ameryki północnej, które dostarczyły nadzwyczaj bogatej fauny ciekawych ssawców. Na obszarze właśnie tych warstw znajdują się dzikie, pustynne okolice, znane nam już „Bad Lands“ czyli „Złe Miejsca“ (por. § 71. i ryc. 93.).



Dyluwium. Mamut (Elephas primigenius).

120. System czwartorzędny składa się ze starszych utworów — dyluwialnych, i młodszych — aluwialnych, nam współczesnych. „Dyluwium“¹⁾ albo „pleistocen“²⁾ tworzą rozmaite ility, gliny, usypiska i t. p. Są to prawie bez wyjątku same osady śródkowodne i lądowe; morskich utworów z tych czasów nie można znaleźć na lądzie stałym w większem oddaleniu od wybrzeży wobec tego, że granice mórz i lądów prawie nie zmieniły się od końca peryodu trzeciorzédnego aż do naszych czasów.

Ryc. 152.

Wśród dyluwialnych utworów odgrywają znaczną rolę ility, piaski i usypiska lodowcowe. W epoce dyluwialnej bowiem znaczna część Europy, Ameryki i t. d. pokryła się potężną skorupą lodową, podobnie jak dzisiaj Grenlandya³⁾. W Europie lodowce sunęły się z półwyspu Skandynawskiego i z Finlandyi, a pokryły Niemcy i Polskę aż po góry Środkowo-niemieckie i Karpaty Galicyi zachodniej. Cofając się potem kilka razy, czemu odpowiadają dyluwialne utwory „międzylodowcowe“, zostawiały one po sobie potężne moreny denne i t. p. w postaci rozmaitych iłów, margli i piasków, z licznymi t. zw. „głazami narzutowymi“, albo „erratycznymi“; te „przybłądy“ znajdujemy dzisiaj rozrzucone po całej Polsce w postaci czerwonych granitów skandynaw-



Ząb trzonowy mamuta.

¹⁾ diluvium (łac.). zalew. potop. ²⁾ pléiston (gr.), najwięcej; kainós (gr.), nowy. ³⁾ Nie jest to jednak odosobnione zdarzenie w dziejach geologicznych kuli ziemskiej, gdyż ślady epoki lodowej, w postaci utworów morenowych i t. p., znane są jeszcze i z innych czasów (porówn. § 115.).

Ryc. 153.



Wyroby kamienne człowieka neolitycznego. 1 — piłka; 2 — grot strzały; 3 — ostrze dzidy; 4, 5 — siekierki. Według okazów Muzeum Dzieduszyckich.

skich lub finlandzkich i innych skał obcego pochodzenia.

Równocześnie nawet Tatry i Czarnohora pokryły się własnymi lodowcami, a lodowce alpejskie, tudzież innych wysokich gór posunęły się znacznie dalej w głąb dolin, niż widzimy je obecnie, unosząc czasem całe skały nawet znacznych rozmiarów; spotykamy takie olbrzymie głazy erracyjne w niejednej dolinie u podnóża alpejskiego. Długi czas były one przedmiotem rozmaitych legend, gdyż nie umiano wytłumaczyć, w jaki sposób mogły się tam dostać.

Lodowce ówczesne dały także początek całemu mnóstwu rozmaitych, większych i mniejszych jezior. Do nich należą n. p. jeziora Pojezierza Bałtyckiego i Finlandyi, wiele jezior podalpejskich i tatrzańskie. Niektóre z nich powstały w wyżłobionych przez lodowice kotłach, jak Morskie Oko i leżący nad nim Czarny Staw, inne wytworzyły się poza moreną czołową, skutkiem zamknięcia przez nią doliny i zatamowania odpływu wód, n. p. jeziorka Toporowe i jezioro Szczyrbskie.

Po ostatecznem cofnięciu się na północ lodowców, czyli po skończeniu się ostatniej t. zw. „lodowej epoki“, zapanował w znacznej części Europy klimat suchy, stepowy; do tego okresu należy odnieść po części powstanie owych potężnych zwalów lessowych (por. § 70.). Wreszcie klimat staje się coraz bardziej podobnym do dzisiejszego i w ten sposób, zwolna, przechodzą czasy dyluwialne w „e pokę aluwialną“¹⁾.

Równoległe z temi zmianami przeobraża się także flora i fauna Europy. Podczas gdy w dyluwium żyły u nas mamuty, nosorożce, niedźwiedzie i lwy jaskiniowe, łosie, reny, wół piżmowy i t. p., wybornie przystosowane do ówczesnego klimatu surowego (por. mamuta na ryc. 151., okrytego długą, wełnistą sierścią), a równocześnie i flora posia-

Ryc. 154.



Nawodna osada przedhistoryczna.

¹⁾ alluvies (łac.), napływy wodne.

dała charakter strefy zimnej, to z nastaniem cieplejszego klimatu owe zwierzęta cofają się na północ (n. p. ren, wół piżmowy) lub wymierają zupełnie (mamut, nosorożce dyluwialne i t. p.), w znacznej części Europy zjawia się fauna stepowa i wreszcie zwolna z początkiem epoki aluwialnej przybiera ona charakter taki, jaki okazuje obecnie.

Ślady człowieka znane są z dyluwium niewątpliwie. Pierwotny ten mieszkaniec Europy nie znał użytku nie tylko metali, lecz nawet lepiej obrobionych narzędzi kamiennych: kamień łupany, ale nie gładzony, kość oskrobana i obrobiona z gruba, były to prawie jedyne narzędzia, jakimi się posługiwał. Po tym okresie kamienia łupanego (wiek paleolityczny) następuje w peryodzie aluwialnym wiek narzędzi kamiennych gładzonych (neolityczny), a później brązu, który wreszcie poprzedza okres dzisiejszy. Do czasów neolitycznych, już stosunkowo wysokiej kultury, należy odnieść także wiele „nawodnych mieszkań przedhistorycznych“ (por. ryc. 154.), których ślady znaleziono nad licznymi jeziorami Europy.

Pytania.

1. Jakie znasz roślinne skamieniałości, charakterystyczne dla systemu karbońskiego czyli węglowego?
2. Wymień skamieniałości zwierzęce, znamienne dla syluru i inne — dla jury.
3. Po jakich skamieniałościach pospolitych w polskiej kredzie rozpoznasz warstwy tego systemu?
4. Jakie znasz otwornice, które są „skamieniałościami przewodniami“ dla dolnej seryi utworów trzeciorzędnych?
5. Które znane ci ssawce kopalne charakteryzują warstwy dyluwialne?
6. Ile poznałeś epok lodowych w ciągu dziejów geologicznych ziemi i do jakich odnosisz je czasów?
7. Gdzie rozwija się w Polsce formacja produktywna systemu węglowego?
8. Który system geologiczny u nas jest ci znany tylko z niewielu rozrzuconych punktów i czym to tłumaczysz?

Rzut oka na rozwój świata roślinnego i zwierzęcego.

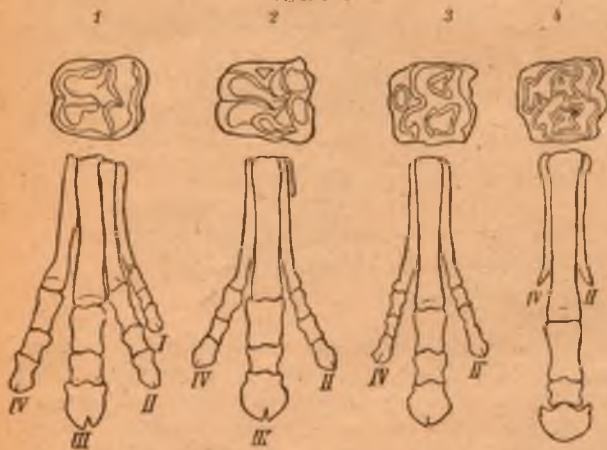
121. Dzieje geologiczne ziemi wskazują dobitnie, że świat roślin i zwierząt ulegał ciągłym zmianom. Widzimy, jak całe ich rodziny, rzędy i gromady wymierają, a natomiast pojawiają się nowe; właśnie wyrazem tych zmian ma być podział dziejów ziemi na szereg er, peryodów i epok. W erze paleozoicznej znajdujemy n. p. charakterystyczne trylobity i olbrzymie eurypterusy, ale już w następnych czasach mezozoicznych niema z nich przeważnie ani śladu, dominują zato olbrzymie gady, a z pomiędzy głowonogów najrozmaitsze amonity i belemnity; i one nie przechodzą jednak do najmłodszej ery kenozoicznej, która ma swój świat odrębny, przede wszystkim z bardzo charakterystycznymi ssawcami.

Zmiany te w świecie organicznym muszą zastanowić każdego. Wszakże, jeżeli się im przypatrzymy, zwraca na siebie uwagę jeszcze inny fakt, nie mniej oczywisty, ciągłego doskonalenia się zarówno świata roślinnego, jak i zwierzęcego. I tak, kiedy w najstarszych czasach, algonkińskim i kambryjskim, nie dostrzegamy ani śladu kręgowców, pojawiają się one już w sylurze; są to jednak same ryby i to tylko najniższe. Gady liczniejsze widzimy dopiero w permie, a ptaki i ssawce nie wcześniej, jak w erze mezozoicznej, z tych ostatnich zaś mały dopiero w trzeciorzędzie. Wyższe ryby kostnoszkieletowe spotykamy po raz pierwszy w jurze. Przykładów takich możnaby znaleźć całe mnóstwo. Jeszcze jeden zaczerpnijmy z paleontologii roślin. Pierwsze rośliny lądowe na kuli ziemskiej, jakie znamy, są rodniowcami i cała era paleozoiczna jest okresem ich panowania. Wprawdzie już z peryodu węglowego są znane zarodkowce, ale są to dopiero rośliny nagozależkowe. W erze mezozoicznej dominują

pokrewne im sagowce i rośliny szpilkowe, a najwyższy dział roślin, mianowicie dwuliścienne, zjawiają się dopiero pod koniec tej ery, w peryodzie kredowym.

122. To następstwo w ciągu okresów geologicznych istot coraz doskonalszych po bardziej pierwotnych naprowadza na przypuszczenie, że świat zwierzęcy, a tak samo roślinny rozwijał się z wspólnego pnia, niby coraz dalsze konary, gałęzie i gałązki, a rozmaite zwierzęta, względnie rośliny, są z sobą związane pokrewieństwem rzeczywistym, genetycznym. Istotnie też paleontologia dostarcza całych drzew genealogicznych dla rozmaitych gatunków roślin i zwierząt. W rodowodzie dzisiejszego konia widzimy jako jedną z form pierwotnych eoceńskie Hyracotherium, jeszcze z czterema palcami. W neogenie zjawiają się trójpalcowe Anchi-therium i Hipparion, prowadzą zaś one do dzisiejszego konia tylko z jednym widocznym palcem stopy, a z dwoma pozostałymi zupełnie zmarniałymi i szczątkowymi (por. ryc. 155. i 149.). W powolnem przekształcaniu się nogi

Ryc. 155.



Tyłna noga i ząb trzonowy: Hyracotherium (1), Anchitherium (2), Hipparion (3) i Equus (4).

dotychczas w dwu egzemplarzach pośród górno-jurajskich wapieni litograficznych w Solenhofen w Bawaryi. Łączył on w sobie wybitnie cechy ptaków i gadów, posiadał bowiem palce skrzydeł jeszcze wolne, opatrzone pazurami, dziób z zębami takimi, jak gady, a prócz tego długi, prawdziwy ogon, ale opatrzony z dwu stron piórami.

Teorya wspólnego pochodzenia i rozwoju z jednego pnia całego świata zwierząt, a tak samo świata roślinnego, nazywa się „teoryą descendeneyi”. Jednym z uczonych, którym przedewszystkiem zawdzięcza ona swoje uzasadnienie, był znakomity przyrodnik angielski, Karol Darwin¹⁾.

123. Naturalnie w paleontologii nie zawsze można układać równie

¹⁾ Darwin, urodzony r. 1809., po skończeniu medycyny i odbyciu podróży około świata na okręcie Beagle, oddał się wyłącznie badaniom przyrodniczym. Genialnem swoim dziełem „O pochodzeniu gatunków” nie tylko położył podwaliny pod późniejszy rozwój nauk biologicznych, ale wywarł niem wpływ także na inne dziedziny myśli i badań człowieka. Umarł w r. 1882. i, jak współczesny mu Lyell, który był gorącym zwolennikiem poglądów Darwina, został pochowany w opactwie Westminsterskiem.

i uzębienia u wymienionych zwierząt widać to bardzo dobrze, a możnaaby znaleźć jeszcze wiele takich przykładów. Podobnym dowodem rozwijania się świata zwierzęcego, jak konarów ze wspólnego pnia, jest wiele takich form kopalnych, które łączą w sobie cechy oddzielnych rodzin, rzędów a nawet gromad. Szczególnie ciekawym typem zbiorowym tego rodzaju jest pierwszy znany ptak na ziemi, t. zw. Archaeopteryx (ryc. 141. c), znaleziony

oczywiste drzewa genealogiczne, jak n. p. dla konia. Przyczyną tego jest okoliczność, że kopalny świat zwierzęcy i roślinny znany jest dotychczas tylko w bardzo małej części, a — trzeba dodać — nigdy nie będzie i nie może być poznany w całości. W skałach osadowych mogły się przechować resztki tylko takich organizmów, które mają trwałe szkielet lub skorupę; całe mnóstwo zwierząt z ciałem wyłącznie miękkim nie mogło przejść w zwykłych warunkach w stan kopalny. Przytem wyłącznie mała część ziemi, będąca lądem, jest polem poszukiwań paleontologicznych, a i tutaj warstwy, które dostarczają skamieniałości, są dostępne badaczowi tylko w t. zw. odkrywkach lub też w kopalniach.

Mimo to każdy rok przynosi nowe i ważne zdobycze pod tym względem, dzięki którym paleontologia roślin (fytopaleontologia) i zwierząt (zoopaleontologia) są nie tylko niezbędnymi pomocnikami geologii, lecz także stanowią bardzo ważne uzupełnienie zoologii i botaniki.

Pytania.

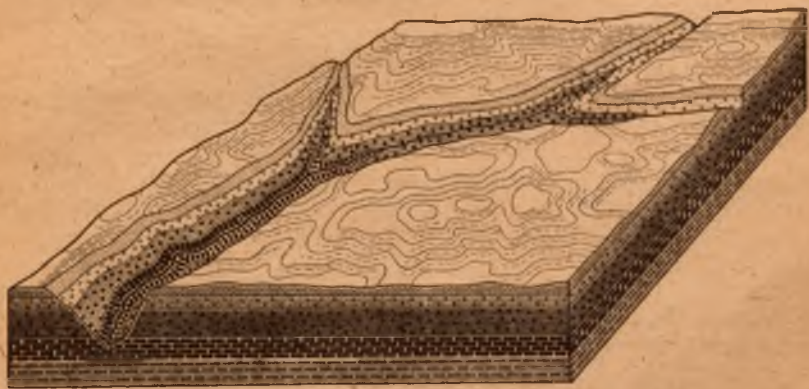
1. Jaką znasz teorię z pierwszych lat stulecia ubiegłego, która jest przeciwieństwem zasady ciągłości rozwoju zwierząt i roślin na ziemi?
2. Jaki znajdziesz ciekawy przykład typu zbiorowego pośród ssawców dzisiejszych?

Co to jest mapa geologiczna?

124. Poznanie dokładne wszystkich utworów geologicznych w jakiejś okolicy i określenie na podstawie skamieniałości — o ile to wykonalne — ich wieku daje możność sporządzenia dla danego miejsca t. zw. mapy geologicznej. Jest to karta, na której oprócz gór, rzek, miast oznacza się kolorami odmiennymi warstwy rozmaitego wieku, skały wybuchowe i t. p.

Jeden rzut oka na taką mapę pozwala ocenić, które utwory geologiczne znajdują się w danym miejscu, zaś bliższe w niej rozpatrzenie się poucza, jakie morza zalewały kolejno dany obszar, kiedy z niego ustępowały i jakim procesom geologicznym ulegał on w tym czasie. Ale prócz tego z mapy geologicznej można jeszcze poznać, jak w ogólnym

Ryc. 156.



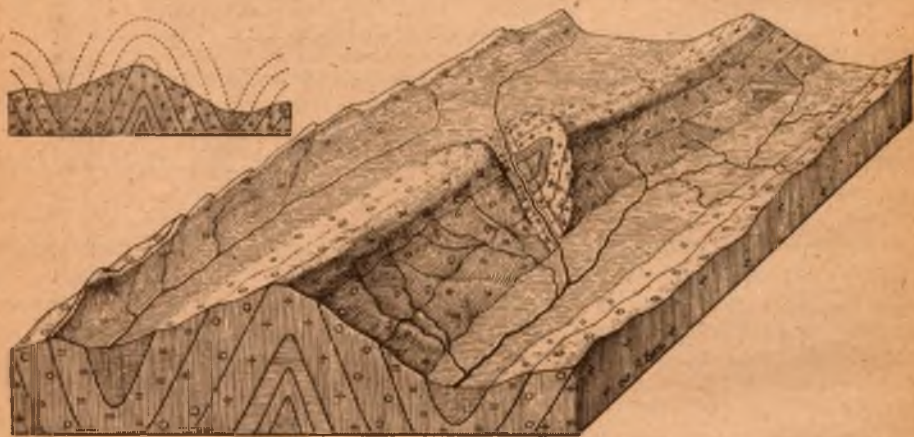
Model krainy płytowej z warstwami ułożonemi poziomo.

zarysie te utwory są w jej granicach ułożone, czyli jaka jest ich tektonika; szczegółowo objaśniają to t. zw. profile czyli przekroje geologiczne.

Jeżeli bowiem rozmaite pokłady leżą gdzieś zupełnie poziomo, jak to widzimy u nas n. p. na Podolu (płyta podolska), to starsze z nich mogą być widoczne tylko wzdłuż dolin rzecznych i to tem dawniejsze, im dalej posuwamy się w dół z biegiem rzeki, czyli im głębiej wcina się jej koryto (por. ryc. 156.).

Inaczej w górach łańcuchowych. Na załączonej mapie widzimy w Karpatach długie smugi zielone i żółte, które ciągną się zupełnie niezależnie od kierunku dolin rzecznych. Odpowiadają one siodłom i łękom, z których się te góry składają. Siodła fałdów skorupy ziemskiej, tworzących pasmo górskie, ulegają z czasem na swoich grzbiętach denudacyi i mniej lub bardziej daleko posuniętemu zniszczeniu; wzdłuż ich szczytów odsłaniają się wtedy pokłady tem starsze, im dalej postępuje ten proces. Równocześnie jednak młodsze warstwy pozostają długimi pasmami w łęgach fałdów, mniej tam narażone na zniszczenie przez wpływy atmosferyczne i inne czynniki denudacyjne. Tworzy to na mapie obraz na-

Ryc. 157.



a) Model gór łańcuchowych; b) ich profil z warstwami pofałdowanymi i uzupełnionymi.

przemianległych smug różnobarwnych; starsze utwory odpowiadają zawsze siodłom, młodsze łękom między nimi (porówn. ryc. 157.).

Wiemy jednak, że góry łańcuchowe ulegają z czasem daleko posuniętym zmianom. Skorupa ziemska bowiem może w takim miejscu ulegać nowym ruchom rozmaitego rodzaju, czemu towarzyszą często rozległe pęknięcia. W ten sposób i za współdziałaniem niszczących czynników denudacyjnych góry łańcuchowe przeobrażają się zwolna w góry masowe, przyczem nowe osady mogą je to przykrywać, to odsłaniać — w całości lub częściowo. Warstwy rozmaicie dyslokowane, t. zn. sfałdowane, poprzesuwané i t. p., tworzą w takim razie nieraz wyniosłości ledwie słabo zaznaczone na powierzchni i odsłaniają się w płatach mniej lub też więcej nieregularnych tak co do kształtu, jak i co do rozmieszczenia, zależnie od tektoniki i od tego, jak głęboko postąpiła w danem

miejsu erozya i denudacya. W Polsce widzimy to w Krakowskiem i w Kieleckiem.

Pytania i zadania.

1. Na podstawie mapy, dołączonej do książki, powiedz, jakiego systemu grupy mezozoicznej niema na Podolu i czem Podole było w tym czasie ery mezozoicznej?

2. Wywnioskuj z tej samej mapki, jakiego systemu warstw możesz się spodziewać bezpośrednio pod kredą w kotlinie nadnidziańskiej.

3. Ile sioდეł paleozoicznych widzisz na mapce geologicznej w górach Kielecko-sandomierskich?

4. Zwiedz wszystkie miejsca w okolicy, gdzie są dobrze odsłonięte rozmaite skały osadowe; dla każdej z tych „odkrywek“ nakreśl dokładny „profil“, w którym ma być uwidocznione następstwo warstw i jeżeli tak wypadnie, ich nachylenie. Jako dokumenty pewnego rodzaju zestaw dla ważniejszych profili próbki warstw i jak najwięcej skamieniałości. o ile znajdują się w danem miejscu. Idąc na wycieczkę tego rodzaju, musisz się zaopatrzyć w młotek geologiczny kształtu, jak na ryc. 158., z wybornej stali i z długą rączką, dalej w torbę z papierem do owijania okazów i z pudełkiem wypełnionem watą na okazy delikatniejsze, wreszcie w notatkę z ołówkiem. Każdy okaz powinien być starannie owinięty papierem i opatrzony kartką z nazwą miejscowości i bliższem określeniem warstwy, z której okaz pochodzi. Próbkom skał daje się zazwyczaj kształt prostokąta długości około 12 cm, szerokości około 8 cm.

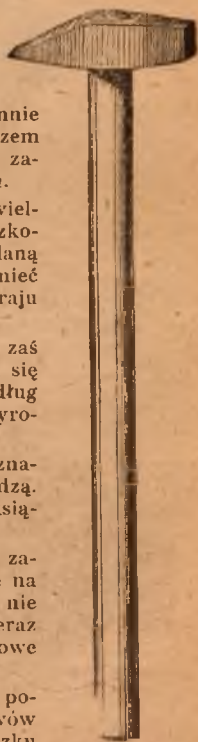
Okazy należy trzymać w porządku, w pudełkach odpowiedniej wielkości i nie jedne na drugich, bo w ten sposób łatwo mogłyby się uszkodzić. Przy każdym ma być kartka z miejscowością dokładnie podaną i z wymienioną warstwą, która dostarczyła okazu. Zbiór taki może mieć nieraz prawdziwą wartość nawet dla tych, którzy badają przyrodę kraju dla celów naukowych.

A pamiętać, że znać ziemię ojczystą jest obowiązkiem, poznać zaś przyrodę miejsca, w którym żyjesz, jest koniecznością. Kto przyczynia się do poznania przyrody kraju, o ile stać go na to, ten spłaca niemały dług moralny, który zaciągnął, korzystając z tego, co zdobyły nauki przyrodnicze daty dotychczas ludzkości.

5. Spróbuj w domu na podstawie znalezionych skamieniałości oznaczyć wiek — przynajmniej w przybliżeniu — skał, z których pochodzą. Do dokładniejszego i pewnego oznaczenia trzeba użyć specjalnych książek (por. Dodatek, str. 139.).

6. Na mapie, obejmującej okolicę twego miejsca zamieszkania, zaznacz różnokolorowemi kredkami rozmaite pokłady tam, gdzie one na powierzchni występują. Przytem trzeba przedewszystkiem wyróżniać nie tyle własności petrograficzne, ile wiek geologiczny pokładów i nieraz przyjdzie zaznaczyć tym samym kolorem i piaskowce i jakieś łupki łkowe lub margle, jeżeli są geologicznie równoczesne.

7. W okolicy miejsca, gdzie przebywasz, zbadać, o ile rozmaite pokłady i skały różnią się wytrzymałością na niszczące działanie wpływów atmosferycznych. Staraj się wykazać, czy to pozostaje w jakim związku z rzeźbą powierzchni ziemi.



Młotek
geologiczny.

Pogląd na budowę geologiczną ziem polskich i litewskich.

[Do tego mapka geologiczna¹⁾].

125. Badania geologiczne na ziemiach polskich, prowadzone przez Polaków, rozpoczyna, mając paru cudzoziemców, jako poprzedników,

¹⁾ Starsze pokłady geologiczne są na powierzchni ziemi w przeważnej części przykryte przez warstwy dyluwialne i aluwialne. Mapa geologiczna, która zupełnie nie uwzględnia pokryw dyluwialnej, nazywa się „odkrytą“, taka, na której zostały one zaznaczone tylko tam, gdzie są szczególnie dobrze rozwinięte, nosi nazwę „półodkrytej“. Właśnie tego rodzaju karta półodkryta jest załączona do tej książeczki.

X. Stanisław Staszic¹⁾. Rezultaty ich podaje w r. 1815 w dziele „O ziemiородztwie Karpatów i innych gór i równin Polski“, do którego dołącza dużą mapę geologiczną „Carta geologica totius Poloniae etc.“. Rychło potem zjawia się geologiczny opis Polski, stojący już zupełnie na poziomie metod i zasadniczych pojęć dzisiejszych („Geognostische Beschreibung von Polen“, Stuttgart, 1836), dzieło Bogumiła Puscha, uczonego górnika, którego sprowadzenie do nas jest również jedną z licznych zasług Staszica. Książka ta stała

Ryc. 159.



X. Stanisław Staszic.

się podstawą badań późniejszych Zejsznera. Altha, Michalskiego i całego szeregu geologów polskich, przeważnie już nam współczesnych. Badania ich wraz z pracą obcych uczonych na ziemiach Rzeczypospolitej składają się już dzisiaj na wcale dokładny obraz budowy geologicznej kraju.

126. Jeżeli patrzymy na mapę geologiczną Polski, to zwraca zaraz uwagę, że tylko w południowej jej części znajdują się warstwy starsze, odsłonięte na większych przestrzeniach. Na północ od wyżyny kielecko-sandomierskiej przysłaniają wszystko potężnie rozwinięte utwory, będące osadem lodowcowym z czasów dyluwialnych. Część całego obszaru leżąca mniej więcej na zach. od Wisły należy do tej połaci Europy, w której warstwy w ciągu szeregu

peryodów geologicznych wielokrotnie ulegały rozmaitym ruchom, fałdowaniu i t. p.; na wsch. od Wisły i jej przedłużenia ku pld. wsch. znajdują się już brzegi wielkiej płyty wschodnio-europejskiej z warstwami, spoczywającymi wszędzie mniej więcej poziomo.

¹ X. Stanisław Staszic, gorący patriota, wybitny pisarz polityczny i mąż stanu, jeden z pierwszych i najgorliwszych obrońców sprawy uwłaszczenia ludu, był zarazem wielkim i uczonym miłośnikiem geologii. Pierwszy u nas oceniał należycie znaczenie jej dla rozwoju kraju. Stojąc na czele Wydziału górnictwa w Królestwie kongresowem, położył ogromne zasługi dla rozwoju tej gałęzi przemysłu. Szczęśliwą miał też rękę, sprowadzając Puscha do Polski. Umarł w r. 1826. Słusznie może być nazwany „ojcem geologii polskiej“.

127. Rozpoczynamy nasz przegląd od wyżyny *Śląsko-krakowskiej*, obszaru szczególnie urozmaiconego co do budowy geologicznej, a pierwszorzędnego znaczenia pod względem górnictwem. Wchodzi ona w skład wyżyny Małopolskiej, która, sięgając na wsch. aż po Wisłę, obejmuje jeszcze góry Kielecko-sandomierskie.

Morski wapień i dolomit dewoński w Dębniku koło Krzeszowic (znany i ceniony czarny marmur dębnicki) stanowią tu najstarsze warstwy odsłonięte. Na nich w Krakowskim leżą „wapienie węglowe“, widoczne w dolinach wszystkich większych potoków na płn. od Krzeszowic; na Śląsku miejsce wapieni zastępują iłowe łupki i piaskowce czyli t. zw. „warstwy kulmowe“. Węglowy wapień i kulm jest to dolna serya systemu karbońskiego, na której dopiero rozwijają się „warstwy produktowne“, tworzące wielkie „węglowe zagłębienie Śląsko-krakowskie“. Obejmuje ono około 6.000 km² powierzchni i sięga pod przykryciem warstw znacznie młodszych aż po Karpaty, które od południa nasuwają się na brzeg zagłębia. Przeważna część jego leży na Śląsku Opolskim, gdzie znajduje się mnóstwo ogromnych kopalń w okolicy Bytomia, Huty królewskiej, Mysłowic, Rybnika i t. d. Znacznie mniejsza część należy do Śląska Cieszyńskiego, zachodząc na Morawy; widzimy tam liczne kopalnie przedewszystkiem w okolicy Ostrawy. Reszta znajduje się w obrębie ziemi krakowskiej z licznymi kopalniami koło Dąbrowy Górniczej i Sosnowca, dalej w Jaworznie, Sierszy, Tenczynku, a na prawym brzegu Wisły w Brzeszczach. Zasoby węgla, które posiadamy w Zagłębiu Śląsko-krakowskim, obliczają mniej więcej na 100 miliardów ton, co może wystarczyć na 1000 lat produkcji ciągle rosnącej. Ponad produktywnymi warstwami węglowymi widzimy w Krakowskim w bardzo wielu miejscach permskie pstre piaskowce i iły (Kwaczała, Karniowice i t. d.) koło Chrzanowa i Krzeszowic, oprócz nich znajduje się jeszcze w okolicy Karniowic martwica wapienna tego samego wieku, zwana wapieniem karniowickim. Utwory produktowne i warstwy permskie odpowiadają tu przerwie w tworzeniu się osadów morskich; dopiero w dolnym tryasie okolica Krakowa została znowu zalana przez morze. Na peryod węglowy i permski przypada dobyte się skał wybuchowych, mianowicie porfirów Miękinia, Zalas i t. d., tudzież melafirów Tenczynka (Rudno) i Alwernii (por. ryc. 40.).

Warstwy tryasowe rozpoczynają się w Krakowskim zlepieńcami i t. zw. tufami; gdzie brak tych utworów, zarówno w Krakowskim, jak i na całym Śląsku, miejsce ich zastępują czerwone iły, przykryte przez żółtawe margle dolomityczne, które zawierają *Myophoria costata* (ryc. 138. c) i należą jeszcze do seryi pstrego piaskowca. Dopiero na nich widzimy tu wszędzie wapień i dolomity kruszcowe (galman, sfaleryt, galenit, limonit), przedstawiające seryę wapienia muszlowego, na której rozwijają się z kolei pstre iły kajprowe z węglem brunatnym, dobywanym w okolicy Zawiercia. Tryasowe warstwy kruszcowe są tu, obok węgla kamiennego, główną podstawą wielkiego przemysłu górniczego (kopalnie galmanu, blendy, galeny tudzież limonitu znajdują się na Śląsku koło Tarnowic i Bytomia, w Krakowskim w okolicy Olkusza, Krzeszowic i Chrzanowa).

Po ustąpieniu morza tryasowego z tego obszaru, osadzały się tylko utwory takie, jak n. p. słodkowodne iły ogniotrwałe Grojca lub Poręby w Krakowskim, ale już w jurze średniej morze powraca i poczynają się tworzyć znowu warstwy morskie. Utwory średnio-jurajskie

przedstawiają się w postaci przeważnie żółtawych, żelazistych piaskowców, margli i wapieni, często przepelnionych znakomicie zachowanymi skamieniałościami. W łażach brunatno-jurajskich okolicy Częstochowy znajdują się sferosyderyty górniczo eksploatowane. Także wapień górno-jurajskie [Wawel, Krzemionki, Skała Kmity, Ojców i sąsiednia Pieskowa Skała (ryc. 160.), Olsztyn, dalej Jasna Góra] obfitują w skamieniałości; wapień te tworzą pasmo malowniczych wzgórz, ciągnące się od Krakowa przez Częstochowę na północ ku Kaliszowi (jurajskie pasmo Krakowsko-wieluńskie). Górno-kredowe margle senońskie, zwane opoką, ze znajdującymi się gdzieniegdzie pod nimi warstwami cenomańskimi i tu-

Ryc. 160.



Maczuga Herkulesa (wapień jurajski) w Pieskowej Skale koło Ojcowa. Według fotografii z natury.

ronskimi zamykają grupę mezozoiczną. Morze, które je osadziło, cofa się z tego obszaru pod koniec peryodu kredowego.

W okresie paleozoicznym i później, a nawet z początkiem trzeciorzędu warstwy na obszarze dzisiejszej wyżyny Śląsko-krakowskiej ulegały fałdowaniu i t. p.; powstały przytem rozmaite pęknięcia, wzdłuż których dobyły się masy wybuchowe (porfiry i melafiry), lub zapadały się wgłąb pewne części skorupy ziemskiej. To też morze miocenne zastaje tu powierzchnię bardzo nierówną i zalewa miejsca tylko niżej położone, osadzając na nich rozmaite ropy i t. p. Na Śląsku Opolskim stwierdzono wierceniami w warstwach tych sól kamienną w okolicy Rybnika. Skoro zaś z kolei i to morze ustąpiło, nastał okres lądowy, który trwa aż do dzisiejszej doby; w nim podczas dyluwium powstały jeszcze rozmaite

utwory lodowcowe (iły lodowcowe, głazy erratyczne i t. d.), piaski, tuzieź less, znana skała pochodzenia colicznego.

128. Wyżynę Śląsko-krakowską dzieli *kotlina Nidy* od wyżyny Kielecko-sandomierskiej. Kotlinę tę tworzy kreda z spoczywającym na niej trzeciorzędem (piękne skamieniałości n. p. w Korytnicy), wśród którego znajdują się w paru miejscach większe złoża siarki (Czarkowy nad Nidą i Posądzka na ptn. od Kocmyrzowa), w ostatnich czasach górniczo eksploatowane.



Przekrój geologiczny (profil) w okolicy Krakowa. Według prof. Zaręcznego.

1 — syst. dewoński; 2 — wapień węglowy; 3 — węglowe warstwy produktywne; 4 — piaskowce karniowickie; 5 — wapień karniowicki (4, 5 — syst. permski); 6 — zlepieńce; 7 — tufy; 8 — wapienie i dolomity (6, 7 i 8 — syst. tryasowy); 9 — syst. jurajski; P — porfir miękiński.

Wyżyna Kielecko-sandomierska — to wybitne góry szczątkowe (masowe), wypiętrzone już w erze paleozoicznej, później jeszcze nieraz podlegające ruchom litosfery, a prócz tego w całym szeregu następnych peryodów geologicznych niszczone przez czynniki erozyjne i denudacyjne. Trzon ich stanowią dzisiaj fałdy pokładów paleozoicznych, tu i ówdzie pocięte uskokami (por. ryc. 162.). Najstarsze z warstw kieleckich, kambryjskie, występują przedewszystkiem w t. zw. górach Pieprzowych koło Sando-



Przekrój geologiczny przez wyżynę Kielecko-Sandomierską. Według Sobolewa.

1 — Warstwy sylurskie i kwarcyt świętokrzyski; 2 — dolny dewon; 3 — średni dewon; 4 — górny dewon; 5 — perm (cechsztyn); 6 — zlepieńce (Zygmunówka); 7 — tryasowe piaskowce i t. d.; 8 — wapienie jurajskie. XX — uskoki.

mierza; na nich spoczęły pokłady sylurskie i dewońskie (n. p. kwarcyt świętokrzyski wieku nieustalonego, bo bez skamieniałości i w dewonie marmury kieleckie), znane z wielu miejsc między Sandomierzem i Kielcami. Z utworów węglowych znaleziono tylko wapień dolno-węglowy; formacji produktywnej niema w Kieleckim zupełnie. Perm dolny znajduje się w wielu punktach w postaci rozmaitych czerwonych piaskowców, ilów i t. p.; wśród warstw górno-permskich (cechsztyn) zasługują na uwagę ciemne marmury z licznymi skamieniałościami w Ka-

jetanowie na płn. od Kielc. Permski wiek przypisuje się także zlepiancom, używanym jako marmur pod nazwą „zygmuntówki“. Trzon paleozoiczny otaczają słabo nachylone warstwy tryasowe i jurajskie.

Cały ten nieduży obszar stanowi obok wyżyny Śląsko-krakowskiej jedyną jeszcze w Polsce dziedzinę bogatą w złoża rozmaitych kruszców. Obok znajdujących się w utworach paleozoicznych kruszców miedzi (chalkopiryt, chalkozyn, malachit), ołowiu (galena) i żelaza (syderyt, limonit), których wydobywanie wznawia się obecnie, mamy wśród pokładów tryasowych i jurajskich ziemi Kieleckiej i Radomskiej bogate złoża limonitów i syderytów ilastych, będące podstawą przemysłu żelaznego (Ostrowiec, Starachowice, Suchedniów i t. d.).

Ryc. 163.



Piaskowiec karpacki z hieroglifami.

Są to typowe góry młode, dalekie od tego zniszczenia, któremu uległy dawne góry Kielecko-sandomierskie. Pod względem litologicznym przedstawiają się Karpaty w tej swojej części, zwanej *Beskidami*, bardzo szczególnie. Tworzą je przeważnie rozmaite piaskowce, często na powierzchni z t. zw. hieroglifami (ryc. 163.), przedstawiającymi ślady pełzających po mule morskim robaków i innych zwierząt, a piaskowcom towarzyszą łupki iłowe i margle nieraz z odciskami morskich glonów (ryc. 148. a). O pokładach tego rodzaju mówimy, że są wykształcone w t. zw. „facyi fliszowej“. Przytem odznacza te warstwy brak skamieniałości, to też i ściśle określenie ich wieku przedstawia zadanie bardzo trudne, chociaż wyróżniono wśród nich cały szereg poszczególnych utworów, jak warstwy cieszyńskie, ropianieckie czyli inoceramowe, piaskowiec bryłowy, czyli jamneński (por. § 46.), łupki menilitowe, piaskowiec ciężkowicki,

Ryc. 164.



Przekrój w Karpatach Galicyi wchodniej. Według prof. Zuhera.

1, 2, 3 — (warstwy ropianiackie, płytowe i piaskowiec jamneński) przedstawiają utwory kredowe
4 — warstwy eoceńskie; 5 — oligoceńskie piaskowce i łupki menilitowe. XX — uskoki.

magórski i t. d. W każdym razie wiadomo, że dolne warstwy fliszu karpackiego są kredowe (piaskowiec bryłowy, warstwy inoceramowe i warstwy cieszyńskie) i że na nich spoczęły utwory paleogeńskie, po części należące do eocenu (czerwone iły i t. d.), w części oligoceńskie (n. p. bardzo charakterystyczne t. zw. łupki menilitowe z wtrąconymi warstwami rogowców i menilitów i z nierzadkimi resztkami ryb). Utwory

te widzimy zwykle połałdowane najczęściej z nachyleniem ku pld. (por. ryc. 164.); fałdom towarzyszą nieraz uskoki i nasunięcia warstw. Nafta znajduje się w Karpatach w bardzo wielu miejscach i to w kilku poziomach; także syderyty ilaste dobywano do niedawna w licznych punktach i przetapiano na żelazo. Pas „skal karpackich“, które ciągną się łukiem z Węgier, przez Nowy Targ, nad górnym Dunajcem ku Popradowi i tworzą malownicze Pieniny, wyróżnia się wybitnie wśród monotonnego obszaru fliszowego.

Od niedawna przypisują Beskidom budowę płaszczowinową, którą okazują wyraźnie

Tatry (ryc. 165. i 166.), stanowiące w porównaniu z polskimi Karpatami fliszowymi całość zupełnie oddzielną. Na granitach spoczął tam od

Ryc. 165.



Budowa płaszczowinowa Tatr. 1 — granit; 2 — gnejs; 3 — perm; 4 — syst. tryasowy; 5 — jura; 6 — syst. kredowy; 7 — eocen tatrzański; 8 — utwory paleogeńskiego fliszu Podhala. To, co jest ponad dzisiejszym konturem gór, uległo zniszczeniu, tak samo część profilu w głębi, pod powierzchnią, jest tylko domniemana. W obu tych partiach poszczególne systemy mają znaki nieco odmienne, niż tam, gdzie profil oparty jest na bezpośredniej obserwacji (n. p. system kredowy, 6).

północy cały szereg różnych utworów, obejmujących wszystkie systemy od permu włącznie po kredę, względnie eocen. Jak wyobrażamy sobie płaszczowiny, które wytworzyły to gniazdo górskie, pokazuje ryc. 165. Widzimy, że utwory osadowe, tworzące regle północnych stoków, należą do połącznej płaszczowiny, która przesunęła się z południa ponad granitami i skałami osadowymi wierzchów tatrzańskich, krócej, ponad „utworami wysoko-tatrzańskimi“. Granity Goryczkowej są tylko jakby odgałęzieniem podstawy wysoko-tatrzańskiej, tworzącym siodło zupełnie przewalone i przyniesione przez płaszczowinę reglową. Oczywiście wpływają one niejako na osadach systemu kredowego i innych, czyli nie mają w głębi korzenia.

W przedłużeniu Tatr ku wsch. rozwijają się na pld. od Beskidów potężne masy skał wybuchowych, jak trachity, andezyty i t. p.

W związku z Karpatami ciągnie się u ich brzegu północnego *pas miocenu podkarpackiego*, w dolnej części zwanego solnym od pokładów gipsu i soli kamiennej na przemian z szarymi łłami; ku górze wystę-

pują w nim obok iłów dobrze rozwinięte, sypkie piaskowce i miejscami węgiel brunatny. Warstwy te zostały także w znacznej części sfałdowane, ulegając siłom orogenicznym podczas ostatecznego spiętrzenia się Karpat. W ich dolnej części znajdujemy, prócz zwykłej soli kamiennej (Wieliczka, Bochnia, Dobromil, Stebnik, Kałusz, Kossów i t. d.) i cennych soli potasowych (przedewszystkiem Kałusz), jeszcze naftę i ozokeryt (Borysław, Dźwiniacz), tudzież siarkę (Swoszowice, Truskawiec), w Truskawcu z galenitem i sfalerytem. Węgiel brunatny ponad poziomem solnym znany jest z kilku punktów u stóp Karpat (Grudna Dolna na pld. od Dębicy, Myszyn i Dżurów koło Kołomyi).

Ryc. 166.



Morskie Oko w Tatrach. Według fotografii z natury.

Nizina Sandomierska, dzieląca koło Krakowa wązkim pasem wyżynę Małopolską od Karpat, ku wsch. rozszerza się znacznie. Pokrywa ją przeważnie dyluwium, obok lessu w znacznej części lodowcowe, z licznymi głazami erratycznymi; warstwy miocenne odsłaniają się tylko tu i ówdzie z pod grubej pokrywy glin i piasków.

131. Na wsch. od obszarów dotychczas omawianych znajdują się wyżyny, które należą już do płyty wschodnio-europejskiej. Pierwszą od pld. jest tu płytowa *wyżyna Podolska*, oddzielona od Karpat niziną Nadniestrzańską, którą wypełnia miocen, przeważnie w postaci iłów i t. p.,

przykrytych przez osady dyluwialne. Utwory geologiczne, które widzimy na Podolu, leżą prawie poziomo (ryc. 167. i 168.).

Najstarsze warstwy, odsłonięte w zachodniej części wyżyny, objętej mapą, należą do syluru i pokazują się w jarach rzek, mniej więcej od doliny Seretu na wschód i Dniestrem w dół od Uścieczka. Dalej ku wsch.,

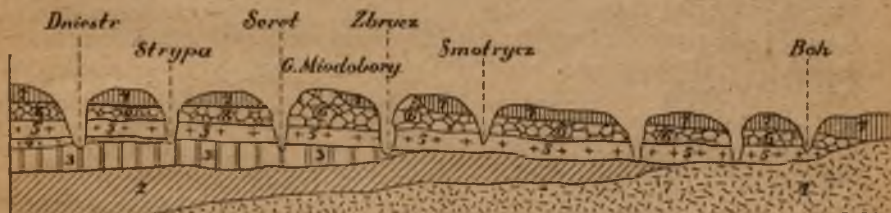
Ryc. 167.



Jar Dniestru w Zaleszczykach. Według fotografii z natury (por. ryc. 97.).

w okolicy Mohylowa, widać jeszcze dawniejszy utwór w postaci szarofioletowych piaskowców i iłowych łupków z fosforytami, podczas gdy na zach. od Seretu sylur zapada pod młodsze warstwy dolno-dewońskie. Są to bardzo charakterystyczne piaskowce czerwone, szare i zielonawe, które zawierają niekiedy szczątki ryb pancernych, a są znane w części

Ryc. 168.



Przekrój przez Podole od Dniestru w kierunku półn. wschodnim. Według prof. J. Siemiradzkiego. 1 — granit; 2 — syst. sylurski; 3 — syst. dewoński; 4 — syst. jurajski; 5 — syst. kredowy; 6 — syst. trzeciorzędny (miocen); 7 — syst. czwartorzędny (dyluwium).

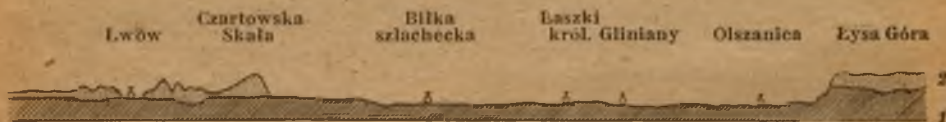
pod nazwą kamienia trembowelskiego. Prócz tego średni dewon w postaci ciemnych dolomitów z koralami znajduje się w niewielkich partjach w okolicy Monasterzysk (Zawadówka i t. d.). Na tem kończy się na Podolu grupa utworów paleozoicznych, gdyż po ich osadzeniu się nastąpił okres kontynentalny, który panował tu przez cały czas peryodu

węglowego, permskiego, tryasowego i znaczną część jurajskiego (porówn. ryc. 168.).

Dopiero w epoce górno-jurajskiej morze pokrywa znowu południowo-zachodnią część Podola, ale po rychłym ustąpieniu jego, a przed wtargnięciem morza kredowego (wielka transgresja kredowa), osady jurajskie uległy z małymi wyjątkami działaniu czynników denudacyjnych, tak że dzisiaj znajdujemy je pod nazwą wapienia niżniowskiego tylko koło Niżniowa na znaczniejszej przestrzeni. Zalew morza górno-kredowego, który objął całą Polskę, zostawił także i na Podolu gruby osad utworów kredowych. Na starszych warstwach, gdzie osad ten odśłania się w całości, widzimy u jego spodu albo zielonawe piaskowce, albo zlepience i margle z fosforytami wieku cenomańskiego. Nad niemi dopiero rozwija się biała kreda z ciemnymi krzemieniami, należąca do turonu, a wyżej senońska „opoka“, utworzona przez jasne, nieraz wprost białe margle. W całej zachodniej części Podola, prócz tego na grzbiecie Lwowsko-tomaszowskim, w okolicy Lwowa i t. d. opoka tworzy najstarsze odśłonięte warstwy. Na niej spoczywa bezpośrednio miocen, gdyż tylko na samem Roztoczu Lwowsko-tomaszowskim jeszcze znaleziono słabo rozwinięty oligocen.

Utworki miocenne (miocen górny) są wszędzie na Podolu znakomicie wykształcone. Przedstawiają się w postaci jasnych piaskowców, pia-

Ryc. 169.

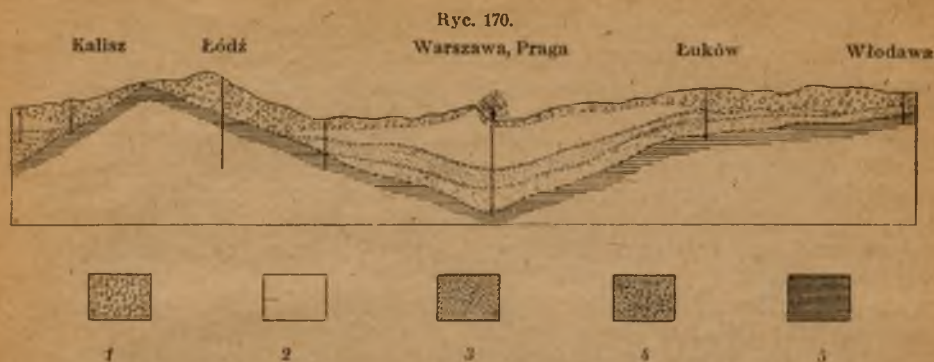


1 — syst. kredowy; 2 — syst. trzeciorzędny.

Przekrój przez południowo-zachodnią część kotliny Nadbużańskiej między grzbietem Lwowsko-tomaszowskim i północną krawędzią wyżyny Podolskiej (Łysa Góra).

sków, gipsów, wapieni litotamniowych, i t. p. i odznaczają się często bogactwem w skamieniałości nieraz przepyszenie zachowane, n. p. miocenne piaski Hołubicy, Podhorzec i t. d. Gdzieniedzie, n. p. koło Złoczowa i na wschodnim brzegu Roztocza, które jest zbudowane na ogół z utworów takich, jak cała zachodnia część płyty podolskiej, widzimy w warstwach miocennskich ility ogniotrwałe i pokłady lichego węgla brunatnego (n. p. Trościaniec i Glinisko). Trzeciorząd pokrywają utworki dyluwialne w postaci glin i t. p., między którymi less odgrywa wybitną rolę.

132. Wyżyna Podolska zrasta się ku płn. zach. za pomocą grzbietu Lwowsko-tomaszowskiego z *wyżyną Lubelską*, gdzie widzimy tylko kredę i trzeciorząd, ku płn. zaś opada stromą krawędzią w kotlinę Nadbużańską, która jest częścią *płyty Wołyńskiej*. Denudacja usunęła w tej kotlinie zupełnie warstwy trzeciorzędne, tak, że dyluwium leży tu wszędzie bezpośrednio na kredzie. Zresztą zachodnia część Wołynia okazuje budowę podobną, jak wyżyna Lubelska. Znajdujemy tu przedewszystkiem utworki górno-kredowe i trzeciorzędne (miocen i oligocenne piaski zielone). Starsze systemy odśłaniają się tylko w dwu miejscach: na zach. od Dubna jako wysepka wapieni i piaskowców dewońskich, a koło Sławuty i Zasławia w postaci fioletowych łupków ilowych, podobnych do łupków



1 — gliny z głazami narzutowymi (dyluwium); 2 — iły pstre (trzeciorzędne); 3 — drobnoziarniste piaski z węglem brunatnym (trzeciorzędne); 4 — piaski zielone; 5 — margle górnokredowe (t. zw. opoka).

Przekrój geologiczny przez środkową część niżu Polskiego z studniami artezyjskimi na Pradze pod Warszawą. Według J. Lewińskiego. (2, 3 i 5 — utwory dla wody nieprzepuszczalne; 4 — warstwa z wodą artezyjską; linie pionowe oznaczają wiercenia.)

znanych z okolic Mohylowa. W wschodniej części Wołynia, nad Słuczą i jej dopływami, pokazują się już granity i gnejsy płyty czarnomorskiej, której częścią jest zarówno wyżyna Wołyńska, jak Podole i Ukraina.

133. Na północ od pasa wyżyn naszych zalega wielki *niż Polski*. Obejmuje on znaczną część Królestwa i Poznańskie, gdzie łączy się z niziną Niemiecką, a ku wschodowi sięga przez Polesie (wzdłuż Prypeci) do prawego brzegu Dniepru. Powierzchnię tworzy tu wszędzie gruby pokład dyluwialnych glin, piasków i t. p., przeważnie pochodzenia lodowcowego (denna morena potężnych lodowców dyluwialnych),

Ryc. 171.



Kamień filaretów (wielki glaz narzutowy) w Tuchanowiczach. Według fotografii z natury.

z bardzo licznymi głazami erratycznymi, których w Królestwie używają powszechnie jako materiału na bruk i t. p. (krągłaki bruku warszawskiego). Pod dyluwium znajdują się młode warstwy trzeciorzędne, będące osadem wielkich jeziorzysk; petrograficznie są to warstwy lignitowe, z pokładami węgla brunatnego (n. p. pod Dobrzyniem na prawym brzegu Wisły), przykryte przez pstre łąy, odsłaniające się n. p. w okolicy Warszawy, pod Bielanami na lewym brzegu Wisły (por. ryc. 170.). Na Kujawach i w Wielkopolsce węgiel brunatny, należący tutaj, jest w wielu miejscach eksploatowany. Warstwy te spoczywają na zielonych piaskach wieku paleogeńskiego (oligocen). Starsze utwory — kredowe i jurajskie — występują tylko gdzieś tam małymi wyspami. Inowrocławskie warstwy solne, przykryte przez jurę, są wieku permskiego.

Podobnie jednostajnie przedstawia się *Litwa*, *Żmudź* i całe *Pojezierze pomorsko-pruskie*, które zamyka od północy wielki niż Polski. Tylko dyluwialne pokłady lodowcowe są jeszcze bardziej rozwinięte, a głazy erratyczne dochodzą niekiedy olbrzymiej wielkości (Kamień Filareów, ryc. 171.). Jako trzeciorzęd znajdujemy tu warstwy oligocenne w postaci charakterystycznych, zielonych piasków glaukonitowych (od ziarn zielonego minerału — glaukonitu) i t. d., które są dalszym ciągiem podobnych warstw, stwierdzonych w głębi wierceniami w wielu punktach niżu Polskiego (por. ryc. 170.). Warstwy bursztynowe pojezierza Bałtyckiego należą także do tego oligocenu.

Pytania i zadania.

1. Jakiej seryi geologicznej, pierwszorzędного znaczenia dla przemysłu, brak na wyżynie Kielecko-sandomierskiej?

2. W jakim systemie geologicznym wyżyny Śląsko-Krakowskiej znajdują się złoża ważnych i cennych kruszców? Jakie kruszce tam spotykamy?

3. Jakie znaczenie górnicze ma mioceński utwór podkarpcki? Jakich cennych minerałów dostarcza?

4. Jaki znasz minerał ważny dla rolników, dobywany na Podolu nad Dniestrem? Do czego służy on w rolnictwie?

5. Gdzie znajdują się w Polsce rudy żelaza górniczo dobywane?

6. W jakich systemach geologicznych dobywają w Polsce sól kamienną?

7. Gdzie i jakie marmury znajdujemy w Polsce?

8. Oznacz na mapie godziną górniczą bieg łałdów karpaccich w dorzeczu Wisły i Dniestru.

W tym celu trzeba mapę na stole w pierw zorientować według stron świata, tak aby igła kompasu układała się równolegle do północno-południowej krawędzi mapy. Ustawiając z kolei kompas na mapie z biegiem łałdów (por. str. 91., zad. 3.), odczytuje się godzinę, którą igła wskazuje.

9. Wskaż według przekroju, ryc. 162., jakie warstwy wyżyny Kielecko-sandomierskiej leżą niezgodnie na utworach starszych?

10. Do jakich czasów odnosisz powstanie Karpat i gór Kieleckich i do których systemów gór europejskich zaliczasz jedne i drugie?

11. Gdzie znajdujemy u nas warstwy sylurskie i na których obszarach rozwija się w Polsce system tryasowy?

12. Gdzie na ziemiach Rzeczypospolitej znane są warstwy systemu jurajskiego?

13. Które systemy geologiczne rozwijają się w Polsce na obszarach szczególnie rozległych?

14. Ile znasz regresyi i transgresyi morskich na Podolu?

15. Wskaż na mapie zachodni brzeg granitowej płyty wołyńsko-ukraińskiej. Nad jaką rzeką widzimy tam granity najdalej na zach. wysunięte na dużej przestrzeni? Gdzie na Podolu odsłaniają się w granicach naszej mapy drobne wyspy granitu?

16. Jakie znasz dowody istnienia lodowców dyluwialnych w Tatrach?

17. Z obecnością jakich skał połączyłbyś istnienie szczaw (por. str. 40.) w Krośniku i Szczawnicy? Jak ten związek tłómaczysz?

DODATEK.

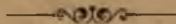
W wycieczkach geologicznych mogą ci oddać wielkie usługi mapy *Atlasu geologicznego Galicji*. Wydaje go Akademia Umiejętności w Krakowie zeszytami; w skład każdego zeszytu wchodzi pewna ilość kart i tekst objaśniający, który jest jakby przewodnikiem po obszarze objętym mapami. Niejedną informację można znaleźć także w pracy: *Szkic geologiczny Królestwa polskiego i krajów przyległych* [Z mapą geologiczną (Pamiętnik Fizyograficzny. T. XI.). Napisał Dr. Józef Siemiradzki i prof. Dr. E. Dunikowski. Warszawa 1891.], tudzież w dziele: *Geologia ziem polskich* [T. I. i II. opracował prof. Dr. Józef Siemiradzki. Lwów 1903—1909; wydawnictwo Muzeum im. Dzieduszyckich.] Krótki i ogólny pogląd na budowę geologiczną ziem polskich znajdzie czytelnik także w dziełku: *Przeglądowa mapa geologiczna ziem polskich* z tekstem objaśniającym i trzema przekrojami. Warszawa, 1912, napisał prof. J. Grzybowski, tudzież w kilku artykułach I. tomu *Encyklopedyi polskiej*, wyd. Akademii Umiejętności w Krakowie; należy tu jeszcze wspomnieć kartę Przesmyckiego: *Mapa geologiczna części południowej Królestwa Polskiego*, 1916. Do wycieczek w okolicy Krakowa nadaje się jeszcze broszura: *Szkic geologiczny okolicy Krakowa* [Z mapką geologiczną. Napisał Tadeusz Wiśniowski. Lwów 1900. Nakładem polskiego Towarzystwa przyrodników im. Kopernika]. O Tatrach mówi książeczka: *Z przyrody Tatr* [Napisał W. Kuźniar. Kraków — Warszawa (1910)].

Prócz tego przy bliższem rozpatrywaniu swoich zbiorów mineralogicznych i geologicznych, a także dla uzupełnienia wiadomości, podanych w tej szczupłej książeczce, możesz użyć jako środka pomocniczego następujących książek:

Mineralogia. G. Tschermak, tłóm. J. Morozewicz: *Podręcznik mineralogii*, Warszawa 1900. (Bibl. przyr. Wszechświata). — Z. Weyberg: *Wiadomości początkowe z krytalografii*. Warszawa 1901. — G. Gürich: *Das Mineralreich*. Neudamm, (Wydawnictwo „Hauschatz des Wissens“). W książeczce tej wiele wiadomości z zakresu technologii mineralnej i t. p.). — Wspomniana *Encyklopedia polska* wydana przez Akademię (rozdział „Płody kopalne ziem polskich“, napisali Grzybowski i Weigner). — *Klucz do oznaczania minerałów* zestawili Z. Rosen i St. Kamocki. Warszawa — Lwów 1908.

Geologia. F. Löwl, tłóm. Z. Weyberg: *Zarys nauki o skałach dla turystów i samouków*. Warszawa 1901. (Dod. do Wszechświata). — W. Łoziński: *Ziemia i jej budowa*. Wydawnictwo Nauka i Sztuka T. VII. Lwów. — Neymayr-Uhlig: *Dzieje ziemi*. Tłóm. Zalewski. Weyberg, Janiszewski, wydał Morozewicz. Dwa tomy. Warszawa 1906—1908 (wyd. II. T. I. 1912.). — Lapparent: *Abrégé de géologie*. Paris. — Walther: *Wstęp do geologii*. Spolszczył Wiśniowski. Warszawa 1908. W tej książeczce jest także podana najważniejsza literatura do geologii Polski. — Walther: *Geschichte der Erde und des Lebens*. Leipzig 1908.

Paleontologia. A. Seignette, tłóm. J. Lewiński: *Zwierzęta epok ubiegłych*. Warszawa 1904. — G. Steinmann: *Einführung in die Palaeontologie*. Leipzig 1903.



WYKAZ PRZEDMIOTÓW.

Agat 76	Barysfera 2	Chloryt 27, 28	Doleryt 33
Akkumulacja 64, 69, 71	Baryt 57	Chryzopraz 76	Doliny (rozwój) 66
Aktynolit 28	Barwne a zabarwione miner. 5	Chryzotyl 42	„ erozyjne 63
Albit 27	Barwy naleciałe 83	Chrzanów 129	„ polodowcowe 69
Algonkińska grupa (era) 106, 107	Bazalt 28, 33, 116	Cieplíce (gorące źródła, termy) 20, 40, 57	„ przełomowe 63
Allotropia 98	Belemnity 105, 172, 114,	Cieszynit 33	„ tektoniczne 89
Aluwialna epoka 105, 122	Beryl 35	Cieszyńskie warstwy 132	„ krasowe 38
Alpy 87, 96, 107	Beskid 133—134	CieŜar właściwy ziemi 79, 80	Dolomit 56
Alth Alojzy 128	Bezpostaciowe ciała 5, 7	CieŜkowicki piaskowiec 132	Druzgot 73
Alwernia 33, 129	Bieg warstw 89, 92	Ciosowy piaskowiec 47	Dunajec 133
Amfibol zwyczajny 28	Bielany pod Warszawą 138	Cuvier Jerzy 96	Dwunastościan rombo- wy 84, 85
Amiant 28	Biosfera 2	Cynober 84	Dwuściany (post. kry- stalogr.) 11, 12
Amonity 95, 105, 112, 114, 115, 117, 118, 123	Biotyt 27	Czarkowy 131	Dyament 97
Anamezyt 33	Blenda cynkowa 84	Czarny Staw (w Ta- trach) 122	Dyluwium (dyl. epoka) 105, 121
Anchitherium 124	Blendy 84, 102	Czarnohora 122	Dynamiczna geologia (defin.) 19
Andezyt 32, 46, 733	Blizniaki 26—27, 83, 84	Czarnoziem 48	Dźwiniacz 134
Andy 32, 90	„ przerosłe 83	Czeska Szwajcarya 47	Dzurów 134
Anhydryt 58	zrosłe 84	Częstochowa 130	Egejskie morze 20
Annularia 109, 110	Błyszczce 83, 122	Czorsztyn 32	Eisenerc 82, 107
Anortyt 27	Błyszcz żelaza 78	Czterdziestościan 97	Elektryczne własn. mi- ner. 93
Antracyt 85	Bochnia 134	Czwartorzędny system 105	Eltońskie jezioro 59
Antylla 20	Boksyt 77	Czworościan 16	Eocen 105, 119
Antymonit 83	Bomby wulkaniczne 21	Dana D. James 87	Eolicznego pochodze- nia glina 70
Apatyt 48	Borysław 134	Darwin Karol 124	Eozoiczna grupa (era) 104, 106, 107
Apeniny 90	Brekcyja 73	Daszki (post. krysta- logr.) 11, 12	Epeirogeniczne ruchy 87
Aragonit 57	Brontozaur 113, 114	Dąbrowa Górnicza 129	Epoka geologiczna 105
Archaeopteryx 112, 124	Bronzowy wiek 123	Delt 64	Epsomit 60
Archaiczna grupa (era) 103, 107	Bryłowy (jamieński) piaskowiec 47, 132	Dendryty 79	Era geologiczna 105
Argentyt 83	Brzeszcze 129	Denudacja 72	Erozyja boczna 63
Arkoza 73	Buch Leopold 23, 87	Descendencya 124	„ lodowcowa 69
Artezyjskie studnie 39	Budowa skał wybucho- wych 30	Dewoński system 105, 108	„ rzeczna 63
Asfalt 93	Bursztyn 93	Dębnik 129	„ w głąb 63
Atmosfera 2, 71	Bytom 129	Diabaz 33	„ wietrzna 71
Atole 53	Cechsztyń 110	Dioryt 32	„ wsteczna 63
Augit zwyczajny 28	Centrum symetrii kry- ształów 14	Dniestr 135	Erratyczne głązy 69, 121, 122, 131, 138
Aurypigment 84	Chalcedon 76	Dobrzyń 138	Etna 19
Azbest amfibolowy 28	Chalkopiryt 83	Dogger 114	Eurypterus 107
„ serpentynowy 42	Chalkozyn 83		
Azuryt 57	Chimborasso 19		
Bad Lands 72	Chiny 71		
Bakterye, jako czynnik geologiczny 45, 48			

- Facya** 75
Fałd geologiczny 87
Firn 69
Fizyografia miner. (defin.) 19
Fliszowa facya 132
Fluorescencya 62, 98
Fluoryt 61
Formy wietrzenia 45
Fosforescencya 98
Fosforyt 49
Fukoidy 119
Fytopaleontologia (definicja) 125

Gabrowe skały 33
Galenit (galena) 83
Galman 82
Garnieryt 43
Gejzery 41, 42
Geologia (definicja) 3
Geotektoniczne siły 89
Geotermiczny stopień 41
Gips 58
Gipsowce 102
Gleba 48
Glaukonit 138
Glina 44.
Glinokrzemiany 26.
Globigerynowy muł 53
Głębiny muł czerwony 74
Gnejs 99
Godzina górnicza 89
Gondwana (formacya) 113
Goniometr krystalograficzny 10
Goryczkowa 133
Góry eryzyny 89
 " **łańdowe** 89
 " **łańcuchowe** 89
 " **masowe** 89
 " **szczałkowe** 89
 " **wulkaniczne** 89
Gra barw w opalu 76
Grafit 98
Granat 35
Granit 31
Grojec 129
Groty podziemne 37
Grudna Dolna 134
Grupa geologiczna 104
Gruz 72
Guano 49
Gunung Gelungung (wulkan) 22

Harc 90, 108
Haüy René Juste 16
Heksagonalny układ kryształ. 14
Helgoland 67
Heliotrop 76

Hematyt 77
Hemimorfizm 35
Herculanum i Pompei 21
Hercyńskie góry 90
Heteromorfizm 57
Hieroglify 132
Himalaje 90
Hipparion 119, 124
Historyczna geologia 104
Hołubica 136
Humboldt Aleksander 23
Humusowe połączenia 48
Hydroity 102
Hydrosfera 2
Hyracotherium 124

Ichthyosaurus 114
It zwyczajny 44, 73.
It żupkowy 44
It ogniotwały 44
Inoceramowe warstwy 132
Inowrocław 61, 138
Iskrzyki 82, 102
Izomorfizm 56
Izostaticzna teoria orogeniczna 88

Jamneński (bryłowy) piaskowiec 47, 132
Jasna Góra 114, 130
Jaszczurówka 41
Jaworzno 129
Jądro kamienne 95
Jednoskośny układ kryształ. 14
Jednostkowa ściana 16
Jordan (dolina J.) 89
Jura biała 114
 " **brunatna** 114
Jurański system 105, 113
Jurajskie skamieniałości z Krakowskiego 115

Kainit 60
Kajetanów 131, 132
Kajper 105, 113
Kalamity 108
Kalcyt 50
Kalisz 114
Kałuż 60, 61, 134
Kambryjski system 105, 107
Kamień Filaretów 138
Kaolin 43
Karbon (karboński system) 105, 109
Karnalit 60, 61
Karniowice 129

Karpaty 132—133
Karoo (formacya) 113
Kara-Bugaz 59
Kaspijskie morze 59, 60
Kasyteryt 77
Kenion 63
Kenozoiczna grupa (era) 105, 116
Kielce 131
Kielecko-sandomierskie góry (wyżyna) 90, 129, 131
Kizeryt 60
Klasy krystalograficzne 14
Kliniec kwadratowy 83
Kolorado (rzeka) 63
Kombinacje krystalograficzne 15
Kompas górniczy 89, 138
Kontakt z skałą wybuchową 30
Kontrakcyjna teoria orogeniczna 87
Kontynentalne ruchy 87
Koń (rodowód) 124
Koralowe rafy 52
 " **wapienie** 54
Kordaity 109
Kordyliery 90
Korund 77
Korytnica 131
Kosmogoniczna teoria Kanta i Laplace'a 1
Kościeliska dolina 54
Kotlina Nidy 131
Krakatau (wybuch) 22
Krakowsko-wieluńskie pasmo 114, 140
Kras 37, 51
Krasowe zjawiska 37, 38
Krater wulkanów 19, 22
Kreda 54
Kredowe skamieniałości z okolicy Lwowa 117
Kredowy system 105, 114
Kruszczone pokłady i gniazda 81, 82
Krwawnik 76
Krynoidowe wapienie 113
Krystalizacja 6
Krystalografia (definicja) 7
Kryształ 5
Krzemiany 26, 35, 42
Krzemień 76
Krzemionki 130

Krzyszowice 129
Kujawy 138
Kulmowe warstwy 120, 129
Kupryt 77
Kwaczała 129
Kwadratowy układ kryształ. 14
Kwarcyt świętokrzyski 131
Kwarcytowe piaskowce 73
Kwarzec 25

Labrador 27
Lampryty 82, 102
Laplace Piotr Szymon 1
Lateryt 44
Lawa 19, 34
Lepidodendron 94, 109
Lepiszczce skalne 73
Less 44, 70, 122
Lias (liasowa serya) 105, 114
Lignit 94
Liliowce 107, 108, 113
Limonit 112, 129, 132
Liparyt 32
Litograficzny wapień 54, 55
Litosfera 2
Litotamnia 54
Litotamniowe wapienie 55
Litwa 138
Lodowa epoka 69, 122, 140
Lodowce 69
Lodowe góry 69
Lotne piaski 70
Łnieńce 82, 102
Lubelska wyżyna 136
Lwowsko-tomaszowski grzbiet (Roztocze) 136
Lwów 136
Lyell Karol 101

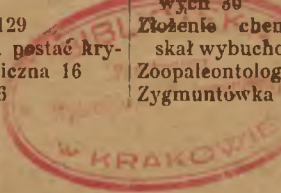
Łęk tektoniczny 87
Łojek 43
Łożyisko (złoże) pierwotne 77
Łożyisko (złoże) wtórne 77, 96, 97
Żupki łowe 44
 " **krystaliczne** 99, 103
 " **łyszczkowe** 99
 " **talkowe** 99, 130
Żupliwość minerałów 7

Madrepery 52
Magma 23, 30
Magnetyczne własności minerałów 78
Magnetyt 78

- Magórski piaskowiec 133
 Malachit 57
 Malm 105, 114
 Małopolska wyżyna 129
 Mamut 70, 118, 122
 Mapa geologiczna 125, 127
 Margiel 55, 73
 Markazyt 83
 Marmur 55
 Marmur dębnicki 129
 Marmury kieleckie 131
 Martwica wapienna 55
 Mary (wulkany) 22
 Masywne skały 29
 Melafir 33
 Menilitowe łupki 132
 Meroksen 27
 Metale i ich znajdowanie się 81
 Metalosfera 2
 Metamorfizm 99
 Metamorficzne skały 103
 Meteoryty 2, 33
 Mezozoiczna grupa (era) 105, 110
 Mgławice 1
 Miąższość 99
 Michalski Aleksander 128
 Miedź rodzima 77, 97
 Międzyłódzowe utw. 121
 Miękinia 32, 129
 Mikroskopowe badanie skał 34
 Mineralogia (definicja) 4
 Miocen 105, 119
 Miocen podkarpacki 133, 134
 Miocenne skamieniałości w Polsce 120
 Miodowiec 56
 Missisipi (delta) 64
 Młodość dolin 66
 Mników 47
 Model kryształu 18
 Moletty 20
 Mohylów 135
 Monasterzyska 135
 Mont Pelée (wybuch) 22
 Monte Nuovo 19
 Moreny 69, 121
 Morenowe utwory 74
 Morskie Oko 122
 Morze Czerwone 89
 Morze Martwe 59
 Muskowit 27
 Muszlowe wapienie 54
 Muszlowy wapień (serya) 105, 113
 Myszyn 134
 Nachylenie warstw 89
 Naciekowy wapień 55
 Nadbużańska kotlina 136
 Nafta 93, 107, 133, 134
 Naftowe gazy 93
 Napływowe pokłady 64
 Narzutowe gazy 69, 120, 122, 131, 138
 Nasunięcia tektoniczne 88
 Nawodne mieszkania (neolityczna) 123
 Nawozy mineralne 48, 49
 Neolityczny wiek 123
 Neptuniści 23, 87
 Nida 131
 Nikielin 83
 Nitratyn 49
 Nizina Sandomierska 134
 Niż Polski 137
 Niżniowski wapień 136
 Nowy Targ 133
 Numulitowe wapienie 54
 Numulity 54, 119
 Obsydiany 32—33
 Odcisk (skamieniałości) 95
 Oddzielność skał 30
 Odkryta mapa geologiczna 127
 Odkrywka 75
 Odmiładzanie się dolin 67
 Ogień dyamentów 97
 Ogniska plutoniczne wulkanów 23
 Ognisko trzęsienia ziemi 92
 Ojcew 37, 47, 51, 130
 Okruchowe skały 72, 76, 103
 Oligocen 105, 119
 Oligoklaz 28
 Oliwin 28
 Olkusz (Olkuskie) 32, 129
 Olsztyn 114, 130
 Ombrometr 41
 Opady atmosferyczne 36
 Opal 76
 Opalizacja 77
 Opoka 116, 136
 Orogeniczne siły 90
 Orogeniczne teorie 87 do 88
 Ortoklaz zwyczajny 26
 Osadowe skały 74, 76, 103
 Osady chemiczne 60, 76, 103
 „ głębinowe 74
 „ lądowe 74
 „ mechaniczne 67
 „ morskie 74
 „ mórz otwartych 74
 „ przybrzeżne 74
 „ słodkowodne 74
 Osi krystalograficzne 9 do 10
 Osi optyczne 51
 Ostrowiec 132
 Ośmiościan 13
 Otoczaki 72
 Otwornice 51, 52
 Otwornicowy muł wapienny 52, 74
 Ozokeryt 93, 134
 Paleogen 119
 Paleolityczny wiek 123
 Paleontologia 95, 104
 Paleozoiczna grupa (era) 105, 107
 Parageneza 81
 Parametr krystalograficzny 10
 Parametryczne prawo wymierności społecznych 16
 Park narodowy Stanów Zjednoczonych 41
 Pelagiczne zwierzęta 52
 Permski system 105, 110
 Perydot 33
 Peryod geologiczny (definicja) 105
 Petrografia (definicja) 31
 Petrograficzne badania mikroskopowe 34
 Petrograficzny preparat 34
 Pianka morska 43
 Piasek wulkaniczny 21
 Piaski lotne 70
 Piaskowce 73
 Piaskowiec bryłowy (jamneński) 47, 132
 Piaskowiec ciosowy 47
 Pieniny 32, 114, 133
 Pieprzowe góry 108, 131
 Pierwiastki (minerały) 96
 Pierwotna postać krystalograficzna 16
 Pierwotne składniki skorupy ziemskiej 2
 Pieskowa skała 47, 130
 Piętro geologiczne 105
 Piramida (krystalograf.) 10
 Pirargiryt 84
 Pireneje 90
 Pirokseny 28
 Proluzyt 78
 Pirofera 2, 23
 Pirył 82
 Plagioklasy 27
 Planety 1
 Planetoidy 1
 Platyna 97
 Pleistocen 121
 Pleochroizm 7
 Plesiosaurus 114
 Pliocen 119
 Plutoniczne skały 31
 Plutoniści 23, 87
 Płaszczowina 87, 88
 Płaszczowinowa budowa 133
 Płaszczyzna łupliwości 7
 Płaszczyzna symetrii kryształów 8, 13, 14
 Płyty wybuchowe 22
 Pochodne składniki skorupy ziemskiej 3
 Podhorce 136
 Podole (wyż. podolska) 103, 135, 136
 Podwójne załamywanie światła 50
 Pojezierze Pomorsko-Pruskie 136
 Pokrywy wybuchowe 22
 Polaryzacja światła 36
 Polne kamienie 69
 Pompei i Herculanium 21
 Popiół wulkaniczny 21
 Poprad 133
 Postać kryształ. całkowita 16
 Postać kryst. półścienna 16
 Postać kryst. prosta 15
 Postać kryst. złożona 129
 Porfiry 33
 Porfirowa budowa 31
 Poroby dniewne 32
 Posądz 131
 Południowa mapa geologiczna 127
 Prakryształy 31
 Prawo parametryczne wymierności społecznych 16
 Prawo stałości kątów 18
 Prawo zachowania symetrii 15
 Produktynne warstwy (formacja) węglowe 109, 129, 131

Profil geologiczny 75, 126	Siarka 97	Strop 96	Trzewiowy kamień 58
Prustyt 84	Siatka krystalograf. 18	Studnia zwyczajna 39	Trzęsienia ziemi wulkaniczne 21
Przekrój geologiczny 75 126	Sieć przestrzenna 6	„ artezyjska 39	Trzęsienia ziemi zapadłiskowe 37
Przełom 25, 97	Siersza 129	Suchedniów 132	Trzęsienia ziemi tektoniczne 92
Pseudomorfozy 43	Sigillaria 94, 105, 109	Sudety 90	Tufy 22, 34
Psia Grota 20	Siodło tektoniczne 87, 126	Suess Edward 17	Turkus 49
Pstry piaskowiec (serya) 105, 113, 129	Skala twardości Mohsa 25	Swozowice 134	Turmalin 35
Pumeks 32	Skalenie 26 ✓	Syderyt 56, 82, 132	Twardość minerałów 7, 25
Puszczyk Bogumił 128	Skalice karpackie 133	Syenit 32	Twardość wody 40
Pustynia 71	Skała (definicja) 4	Sylidy 102	Typy krystalograficzne 10, 11, 12
	Skała Kmita 162	Sylurski system 105, 106, 131, 135	Tyreńskie morze 20
	Skały krystaliczne 103	Sylwin 60, 61	
	„ masowe 29, 183	System geologiczny (definicja) 103	Układ krystalograficzny 14
	„ osadowe 74, 76, 103	Szafir 77	Ukraina 137
	„ plutoniczne 31	Szczawnica 24, 32	Ułożenie warstw niezgodne 120
	„ warstwowe 74, 103	Szczawy 40	Urycz 47
	„ wulkaniczne 31	Szczepczyki turmalinowe 36	Uskok 88, 90 (zad. 2.)
	„ wybuchowe 29	Sześciąt 12, 15, 60, 61, 98	Uspyska 72
	Skamieniałości 95	Szklista budowa skał 30	Uwarstwienie 29, 74
	Skamieniałości przewodnie 96, 106	Szlify petrograficzne 34	
	Skorupa ziemi 2—4	Szmirgel 34, 77	Wapień 90
	Skoryl 35	Ścieżce rzeki 63	Wapienie (ich powstawanie) 51—54
	Sławuta 136	Ślask 53, 61, 82, 109, 129, 130	Wapień (jego gatunki) 54—56
	Słodkowodne wapienie 54	Ślasko-krakowska wyżyna 129	Warstwowe skały 74, 103
	Słone jeziora 59, 60	Środek trzęsienia ziemi .92	Wawel 150, 47, 114, 130
	Słupy krystalograficzne 11	Świętokrzyski kwarcyt 131	Werner Abraham Gottlob 23, 87
	Smith William 96		Werteby podolskie 37
	Smitsonit 56	Talk 43	Wezuwiusz 20, 21
	Smółce 32, 33	Tarnowice 129	Węgiel brunatny 94, 119, 134, 136, 138
	Smółki ziemne 102	Tatry 24, 32, 54, 69, 87, 110, 114, 122, 133	Węgiel kamienny 93, 107, 109, 110, 129
	Solenhofen 54, 55, 124	Tektonika 90, 126	Węglany 50
	Solfatary 20	Tenczynek 29, 33, 129	Węglowce 93, 102
	Solowce 60, 102	Terasy dolinowe (ręczne) 65	Węglowe zagłębienie ślasko-krakowskie 109, 129
	Sosnowiec 129	„ nadbrzeżne 85	Węglowy system (peryod) 94, 105, 109, 129, 131
	Sól gorzka 59, 60	Termy (gorące źródła) 20, 40	Wiek geologiczny 106
	Sombrieryt 49	Tetraedryty 84, 102	Wieliczka 59, 134
	Spat islandzki 55	Tlenki metaliczne 102	Wielkopolska 138
	Spag 96	„ szkliste 102	Wietrzenie chemiczne 45
	Sperrenberg 59, 107	Topaz 35	Wietrzenie mechaniczne 44
	Spoivo skał okrucych 37, 73	Torl 95	Woda gruntowa 39
	Srebro rodzime 97	Trachit 32, 116, 133	„ miękka 40
	Stalagmit 55	Transgresja 90, 100	„ twarda 40
	Stalaktyt 55	Trembowelski piaskowiec 109, 135	„ woda zaskórna 39
	Starachowice 132	Trójkoński układ krystalograficzny 14	Wodorokrzmiany 27
	Starorzecze 68	Truskawiec 134	Wodospady 66
	Starunia 134	Tryasowy system 105, 113, 129, 132	
	Starzenie się krajobrazu 89	Trylobity 125, 126, 127, 130	
	Stassfurt 59, 61, 107	Trzeciorzędny system 105, 118, 119, 130, 136, 138	
	Staszic Stanisław 59 128		
	Stebnik 60, 134		
	Stosunek osiowy 16		
	Stratigrafia (definicja) 104		
	Strążyńska 56		

Wogezy 90	Wyżyna Małopolska	Zawadówka 135	Źródła dolinowe 39
Wołyń 136	129	Zawiercie 129	Źródła gorące 20, 40
Wulkaniczne skały 31	" Podolska 134	Zejszner Ludwik 128	" mineralne 40
Wulkany błotne 41	" Śląsko-krako-	Zlepienie 73, 76, 103	" szczelinowe 39
" lawowe 22	" wska 129	Złoto 96	" warstwowe 39
" tufowe 22	Wzrost kryształów 6	Złoże (łożysko) pierwotne 77	Żelaziak czerwony 77
" gazowe 22, 89	Zabarwione a barwne minerały 5	" " wtórne 77, 97	Żelazo rodzime 78
Wybuchowe skały 29 do 34, 103	Zagłębienie węglowe śląsko-krakowskie 109, 129	Złożenie mineralogiczne skał wybuchowych 30	Żmudź 138
Wydmy piaskowe 70	Zalas 32, 129	Złożenie chemiczne skał wybuchowych 30	Żyłowe minerały 42, 81
Wysokotatrzańskie utwory 133	Zasadnicza postać krysztalograficzna 16	Zoopaleontologia 125	" kruszczowe 80, 81
Wyżyna Kielecko-sandomierska 90, 131	Zasław 136	Zygmuntówka 132	" mineralne 80, 81
" Lubelska 136			" puste 81
			" skalne 81
			Żywiec 102



317



UP - Kraków BG



1050302306