



TYGODNIK POPULARNY, POŚWIĘCONY NAUKOM PRZYRODNICZYM.

PRENUMERATA „WSZECHŚWIATA“.

W Warszawie: rocznie rb. 8, kwartalnie rb. 2.
Z przesyłką pocztową rocznie rb. 10, półr. rb. 5.

PRENUMEROWAĆ MOŻNA:

W Redakcyi „Wszechświata“ i we wszystkich księgar-
niach w kraju i za granicą.

Redaktor „Wszechświata“ przyjmuje ze sprawami redakcyjnymi codziennie od godziny
6 do 8 wieczorem w lokalu redakcyi.

Adres Redakcyi: WSPÓLNA №. 37. Telefonu 83-14.

O KRZEPNIĘCIU KRWI.

Wiemy, że krew krzepnie poza obrębem naczyń krwionośnych. Po wszystkie czasy zjawisko krzepnięcia, jakkolwiek skwapliwie badane, było jednym z najmniej zbadanych zagadnień fizjologii. Dlaczego krew zachowuje stan ciekły w naczyniach? Zazwyczaj fizjologowie odpowiadali, że ścianki naczyń posiadają tajemniczą własność zabezpieczania krwi od krzepnięcia. Zapominano, że limfa, która zwilża wszystkie komórki organizmu, nie krzepnie, jakkolwiek nie podlega oddziaływaniu ścianek naczyń. Wiadomo oddawna, że główny udział w krzepnięciu krwi ma osocze; a wszystkie cieczki jam surowiczych, które są właściwie osoczem rozcieńczonym, przefiltrowanym ze krwi, różniącym się odeń tylko tem, że są uboższe w białko, posiadają zdolność krzepnięcia.

Schmidt w latach 1861 — 1872 zbadał dokładnie drogą doświadczalną krzepnięcie krwi i ustalił następujące fakty. Osocze i płyn jam surowiczych zawierają białko rozpuszczalne: substancję włókni-

korodną czyli fibrynogen. Białe ciała krwi czyli leukocyty zawierają również białko rozpuszczalne: substancję włóknikotwórczą czyli fibrynoplastyczną. Gdy krew opuści naczynia, leukocyty umierają, i wydzielają ją do osocza w znacznej ilości. W zetknięciu z substancją włóknikorodną ta ostatnia tworzy białko nierozpuszczalne: włóknik czyli fibrynę. Połączenie następuje za sprawą trzeciego czynnika, enzymu, powstającego również w białych ciałkach krwi który Schmidt nazwał fermentem włóknikowym, a później trombiną. Działanie trombiny jest katalityczne. We krwi cyrkulującej nie jest ona obecna, dostaje się do niej dopiero po śmierci leukocytów, nazewnątrż naczyń.

Hammarsten w r. 1875 pierwszy odosobnił substancję powodującą krzepnięcie krwi; udało mu się utrzymywać ją w stanie roztworu, dopóki nie dodawał w drobnej ilości świeżej surowicy. Wykazał on, że w roztworze tym niema zupełnie substancji włóknikotwórczej Schmidta, że zatem fibrynogen i trombina wystarczają, aby wywołać krzepnięcie. W r. 1890 Arthus stwierdził, że konieczna jest obecność soli wapniowych

podczas krzepnięcia. Jeśli dodamy do krwi szczawianu albo fluorku zasadowego w ilości dostatecznej dla strącenia całkowitej ilości wapnia z osocza, skrzep nie utworzy się. Fakt ten uzupełnił Pekelharig przypuszczeniem, że leukocyty wydzielają trombinę w stanie nieczynnym, w stanie protrombiny; w stan czynny wprowadzają ją sole wapnia obecne w osoczu. W tym stanie teoria krzepnięcia krwi przetrwała aż do ostatnich czasów i w tym stanie znajdujemy ją we wszystkich dziełach fizyologicznych. A więc: ciała białe krwi (a według Pekelharinga wszystkie komórki tkankowe) zawierają protrombinę; osocze zawiera fibrynogen. Gdy krew wypływa z naczyń, leukocyty umierają i wydzielają do osocza protrombinę w znacznej ilości. Tam pod wpływem soli wapniowych przetwarza się ona w trombinę, którą fibrynogen zamienia w fibrynę czyli włóknik. Atoli badania lat ostatnich zmierzają do całkowitego obalenia tej teorii. Powagę jej zachwiały przede wszystkim doświadczenia Woolridgea. Jeśli do żył psa wstrzykniemy propepton, krew nie podlega krzepnięciu; przechowana w szklanych próbkach pozostaje płynną. Otóż Woolridge stwierdził, że krew ta krzepnie szybko po dodaniu leukocytów przemytych, a pozostaje płynną po dodaniu surowicy otrzymanej z krwi skrzepłej. Woolridge wydzielił fibrynogen z osocza i rozpuścił go w wodzie; otrzymany roztwór rozcieńczył przez ponowne rozpuszczenie w wodzie i t. d., aż otrzymał cały szereg coraz bardziej rozcieńczonych roztworów. Okazało się, że w miarę rozcieńczenia roztwory coraz bardziej różniły się od osocza. Pierwszy roztwór krzepł pod wpływem leukocytów, ale krzepł również, jakkolwiek trudniej, pod wpływem surowicy, czego nie można było uzyskać z osoczem. Następne roztwory krzepły już tylko pod wpływem surowicy, ciała białe nie wywierały żadnego wpływu. A więc roztwór czysty fibrynogenu, zawierający sole wapniowe, nie krzepnie pod wpływem leukocytów, jakkolwiek zgodnie z dawną teorią wszystkie potrzebne składniki są tu obecne. Wyni-

kałoby stąd, że osocze zawiera jakąś substancję, której brak w naszym roztworze. Schmidt pod wpływem tych doświadczeń Woolridgea zreformował swój pogląd w r. 1892. Protrombina jest według niego obecna w osoczu, ciała zaś białe wywierają jedynie wpływ pobudzający: poza obrębem naczyń zamierają i wydzielają do osocza substancję fermentotwórczą, pod których wpływem protrombina zamienia się w trombinę. Może się zdarzyć, że niecała ilość protrombiny obecnej w surowicy zostaje zużyta podczas krzepnięcia. Jest ona daleko trwalsza od trombiny. W starej surowicy (np. stojącej 2 dni w zwykłej temperaturze) trombina ulega zniszczeniu, protrombina zachowuje cechy normalne; zestarzała surowica nie działa na czysty fibrynogen, lecz odzyskuje swój wpływ za dodaniem drobnej ilości substancji fermentotwórczej, przyczem protrombina ocalała od zniszczenia zamienia się w trombinę. Morawitz podjął te doświadczenia, odradzając zestarzałą surowicę; lecz zamiast substancji fermentotwórczej, posługiwał się wyciągami z tkanek, np. mięśni, wątroby. Pod wpływem wyciągów czysty roztwór fibrynogenu, zawierający sole wapniowe, nie krzepnie; krzepnie jednak, jeśli dodamy doń drobną ilość zestarzałej surowicy. Morawitz nazywa protrombinę trombogenem, substancję zaś pobudzającą trombokinazą, przyczem uważa ją za chemicznie różną od substancji fermentotwórczej.

Nowa teoria przedstawia się w następujących zarysach: osocze krwi zawiera fibrynogen i trombogen. Gdy krew wypływa z naczyń, białe ciała wydzielają trombokinazę (która jest zresztą obecna w każdej plazmie żyjącej); pod jej wpływem, lecz jedynie w obecności soli wapniowych, trombogen zamienia się w trombinę, a ta zamienia fibrynogen we włóknik. Teoria ta jest przyjęta przez znaczną część fizyologów niemieckich.

Teoria ta atoli ma kardynalną wadę: nie uwzględnia faktu, że osocze może krzepnąć samorzutnie, jak to wykazał Woolridge. Jeśli wytniemy, po uprzednim podwiązaniu w dwu miejscach, od-

ciniek dużej żyły u jakiegokolwiek ssaka, np. u psa, i poddamy go energicznemu działaniu wirówki, po pewnym okresie czasu ciałka krwi odosobnią się zupełnie od osocza. Jeśli takie osocze, ciekłe i przezroczyste, zupełnie pozbawione komórek, zbierzemy do próbówki parafinowej, pozostanie ono ciekłem; jeśli zbierzemy je do próbówki szklanej, skrzepnie w przeciągu paru minut. Jeśli weźmiemy osocze z krwi psa, któremu zastrzyknięto propepton, lub też z krwi ryby czy ptaka, pozostanie ono ciekłem nawet w naczyniu szklanym, lecz skrzepnie szybko, jeśli je rozcieńczymy pięć- do dziesięciokrotną objętością wody. Doświadczenia te wykazują, że w osoczu obecne są wszystkie składniki niezbędne do krzepnięcia; że to ostatnie zależy od mniejszej czy większej trwałości roztworu koloidalnego, jaki tworzą w osoczu składniki krzepnięcia. Zamiast rozcieńczenia wodą możemy wywołać skrzepnięcie osocza, zachowującego stan ciekły w naczyniu szklanym, przez dodanie pewnych proszków, np. szkła porfiryzowanego, przez co zwiększamy nieskończenie kontakt między szkłem a cieczą.

Ale przejdźmy do doświadczenia, które najdowodniej wykaże czynniki krzepnięcia. Wlejmy do próbówki kroplę dziesięcioprocentowego roztworu chlorku wapnia i kroplę trzyprocentowego roztworu szczawianu sodu i mieszajmy (przyczem pozostaje nadmiar roztworu chlorku wapnia). Zaczekajmy aż strącony szczawian wapnia wykrystalizuje się i dodajmy dwa centymetry sześciennego osocza, uodpornionego przez propepton. Skrzepu nie otrzymamy. Zmieńmy teraz warunki doświadczenia: wlejmy do próbówki nasamprzód dwa centymetry osocza, potem kroplę chlorku wapnia, potem kroplę szczawianu sodu. Rzecz dziwna, osadu szczawianu wapnia nie otrzymamy; płyn staje się opalizującym i przepuszcza czerwone światło. Szczawian wapnia tworzy roztwór koloidalny i utrzymany jest w tym stanie przez koloidy mieszaniny, jak to wykazują własności optyczne. Ale stan ten jest nader nietrwały. Po kilku minutach zjawiają się w mieszaninie małe

lepkie ziarnka, które do siebie przystają. Jądro ich jest solą wapniową, lecz powierzchnia włóknikowa. Wkrótce cały płyn krzepnie najzupełniej. Nie zmieniliśmy absolutnie nic w składzie chemicznym w obu doświadczeniach, zmieniliśmy jedynie warunki powierzchni na siebie oddziaływających: zwiększyliśmy znacznie kontakt pomiędzy fibryną a szczawianem wapnia.

Każda protoplazma czy jej roztwór wodny działać może w sposób podobny do szczawianu sodu, gdyż zawiera nietrwałe koloidy, których cząsteczki mogą stanowić zawiązki skupiające dokoła siebie włóknik. Lecz żaden z przytoczonych przez nas czynników krzepnięcia nie zawiera trombokinazy Morawitza. A więc teoria jego upada.

Jeśli wszystkimi przytoczonymi czynnikami, np. dodaniem proszku, szklaną ścianą naczynia i t. p., oddziaływać będziemy na roztwór fibrynogenu lub też na roztwór fibrynogenu wraz z trombohem (co możemy uzyskać przez dodanie do roztworu fibrynogenu drobnej ilości osocza, otrzymanej z jakiegokolwiek ssaka, ogrzanej do 56°) — skrzepu nie otrzymamy. Otrzymamy go natychmiast jeśli do roztworu fibrynogenu, zawierającego trombogen, dodamy emulsji lub wyciągu ciałek białych krwi. Poznaliśmy zatem trojaki rodzaj ciecze, podlegające krzepnięciu: 1) osocze, krzepnące samorzutnie lub pod wpływem różnorodnych środków; 2) roztwór fibrynogenu z trombohem, krzepnący pod wpływem leukocytów; 3) roztwór fibrynogenu, który nie krzepnie pod wpływem samych leukocytów, lecz przez jednoczesne dodanie trombogenu prócz trombozemu, lub też pod wpływem trombiny. A więc trzy są czynniki niezbędne dla krzepnięcia: fibrynogen, trombogen i trombozem, koloid pochodzenia leukocytowego. Aby naruszyć bardzo nietrwałą równowagę tych koloidów, trzeba oddziaływać na osocze jakąś powierzchnią pobudzającą do krzepnięcia, jak np. koloidalnym szczawianem wapnia lub też szkłem sproszkowanym lub ścianką naczynia szklanego i t. p. Te wpływy pobudzające, oddziaływając na

osocze w całości jego składu, Nolf nazywa trombo-plastycznymi.

Wynik krzepnięcia osocza nie zawsze bywa jednakowy. Najprostsze stosunki zachodzą u ryb. Jedynym produktem procesu jest włóknik nierozpuszczalny; całkowite ilości trombozymu i fibrynogenu oraz prawie całkowita ilość trombo genu znikła. Stąd wniosek, że włóknik powstaje z połączenia 3 koloidów osocza. Drobną pozostałość trombo genu tłumaczy się tem, że jest on nader obfity u kręgowców we wszelkich cieczach. Fakt ten jest sprzeczny z poglądem teorii klasycznej krzepnięcia, opiewającym, że trombina działa katalitycznie.

U zwierząt ssących proces krzepnięcia jest bardziej złożony niż u ryb. Ilości trombozymu i trombo genu przewyższają we krwi znacznie ilość fibrynogenu. Wskutek tego powstają dwa produkty połączenia koloidów: 1) włóknik bogaty w fibrynogen i nierozpuszczalny; 2) znacznie słabiej reprezentowany włóknik ubogi w fibrynogen i rozpuszczalny. Prócz tego pozostaje trombogen wolny. Gdy do włóknika rozpuszczalnego dodamy fibrynogenu, zamienia się on we włóknik nierozpuszczalny i zostaje strącony z roztworu. Zachodzi tu proces różny, niż podczas zwykłego połączenia 3 koloidów, innych też wymaga warunków, mianowicie: fibryna rozpuszczalna łączy się z fibrynonem na fibrynę nierozpuszczalną bez udziału soli wapniowych.

Utożsamiawszy włóknik rozpuszczalny z trombiną, porównajmy jej rolę w nowej teorii i w dawnej. W dawnej teorii trombina poprzedza krzepnięcie, jest jego przyczyną. Według nowej teorii jest produktem krzepnięcia i powstaje współcześnie z fibryną nierozpuszczalną. Pogląd ten uznawał już Woolridge. Osocze płynne nie zawiera zupełnie trombiny czyli fibryny rozpuszczalnej, surowica skrzepu zawiera ją obficie. Uzyskać wynik podobny można przez rozcieńczenie wodą z najodporniejszym osoczem, zawierającym propepton. Jednocześnie widzimy, że, wbrew zdaniu Morawitza, trombina powstaje obficie pod nieobecność ciałek białych. Jeśli zbadamy dokładnie,

chwile pojawienia się trombiny w krzepnącej krwi, okazuje się, że dzieje się to dokładnie w chwili przechodzenia płynu w stan stały. Woolridge do osocza, uodpornionego przez propepton, dodawał trombiny; skrzep się nie tworzył. Nic zatem nie upoważnia do przypuszczania, że trombina powoduje krzepnięcie; raczej powstaje ona jednocześnie z fibryną nierozpuszczalną. Jest przytem produktem zupełnie bez znaczenia dla sprawy krzepnięcia, produktem ubocznym. Dowodem tego jest jej nieobecność u ryb, gdzie zasadniczo krzepnięcie odbywa się tak samo jak u ssaków.

Fakt, że znajdujemy fibrynę rozpuszczalną w surowicy skrzepu w tych razach, gdy wywołujemy krzepnięcie przez dodanie fibryny rozpuszczalnej, nie dowodzi bynajmniej, że mamy do czynienia ze zjawiskiem katalitycznym. Prawdopodobnym jest bardzo, że po ukończeniu procesu znajduje się trombina nawet więcej, niż przed jego rozpoczęciem, gdyż krzepnięciu osocza towarzyszy tworzenie się trombiny nanowo.

Wobec tego, że osocze zawiera wszystkie składniki potrzebne do krzepnięcia, zupełnie jest niezrozumiałem, dlaczego osocze w naczyniach nie krzepnie? Wspominaliśmy już na początku, że oddziaływaniem ścianek zjawisko tłumaczyć się nie daje. Jeśli wstrzykniemy psu dużą dawkę propeptonu, krew jego stanie się zupełnie odporną na krzepnięcie; jeśli wstrzykniemy bardzo małą dawkę, krew zachowa zdolność krzepnięcia, natomiast limfa wątroby stanie się zupełnie odporną. Nolf twierdzi, że wątroba wydziela substancję „przeciw - skrzepową“ antitrombinę. Krew organizmu, któremu zastrzyknięto propepton, zawiera antitrombinę w specjalnie dużej ilości. Wątroba wydziela ją obficie stale i czyni krew odporną na krzepnięcie, jest przytem w stanie regulować ten dopływ antitrombiny do naczyń zależnie od usposobienia krwi do krzepnięcia. W organizmie istnieje stały antagonizm między komórkami zawierającym substancję tromboplastyczną a antitrombinę. Z chwilą, gdy normalne warunki zostaną naruszone, gdy krew

wyływa z naczyń, ilość antitrombiny nie odnawia się, natomiast obce ciała oddziałują na substancje tromboplastyczne, następuje krzepnięcie.

Rola wątroby w krzepnięciu jest tembardziej ciekawa, że są wszelkie dane, czerpane z doświadczenia, na to, że fibrynogen oraz trombogen mają swe źródło również w czynnościach wydzielniczych wątroby.

Obecnie zdołano wydzielić wszystkie trzy koloidy osocza. Otóż czyniono doświadczenia z roztworami w stanie czystym. Do jednej próbki wlewamy roztwór fibrynogenu ssaka i dodajemy mieszaniny trombozemu oraz trombogenu ryby. Mieszanina krzepnie. Do drugiej próbki wlewamy roztwory trombogenu oraz fibrynogenu ssaka i dodajemy trombozemu ryby. Mieszanina nie krzepnie. A więc trombozym ma powinowactwo wyłącznie do trombogenu tego samego lub bardzo pokrewnego sobie gatunku kręgowców, posiada cechy swoistości, których brak fibrynogenowi.

Składniki skrzepłego osocza niejednakowe mają w niem znaczenie. Jeśli włóknik przemyty trzymamy w środowisku słonym, zawierającym substancje antyseptyczne, powoli lecz całkowicie się on rozpuszcza. Fibrynoziza ta była dotychczas mało zbadana, gdyż uważano ją za zjawisko odrębne od krzepnięcia, lecz w istocie rzeczy jest ona jej koniecznym wynikiem, jest to peptonizacja, przyczem albuminy skrzepu zostają zamienione w albumozę i peptony. Przeszkodzić peptonizacji mogą czynniki hamujące, np. działanie mikrobów. Fibrynoziza odbywa się tem energiczniej, im fibryna znajduje się w czystszyim stanie.

Jeśli do roztworu trombiny dodamy fibrynogenu w ilości dostatecznej dla powstania skrzepu, to on powstanie, lecz wkrótce rozpuszcza się; dodajemy powtórnie fibrynogenu, proces poprzedni powtarza się. Doświadczenie to można powtarzać wielokrotnie. Wynika zeń, że nie trombina ulega peptonizacji, lecz jedynie fibrynogen. On to jest strącany przez trombinę, a potem przez nią trawiony. Jeśli zamiast trombiny weźmiemy mie-

szaninę trombogenu i trombozemu, krzepnięcie odbywa się tylko wtedy, kiedy prócz fibrynogenu dodamy soli wapnia, poczem następuje fibrynoziza; jest ona tem szybsza, im więcej użyliśmy trombozemu. Jeśli działanie tego ostatniego osłabimy przez lekkie ogrzanie, fibrynoziza będzie mniej energiczna. Trombozym jest jednak w stanie zaatakować fibrynogen tylko wtedy, kiedy dodamy jednocześnie trombogenu i soli wapniowej, trombina zaś wywołuje ten skutek sama przez się w obecności fibrynogenu. Stąd wyciągnąć można następujący wniosek: ilekroć następuje krzepnięcie, następuje proteoliza, bez krzepnięcia niema proteolizy. A więc trombozym powoduje peptonizację i trawienie fibryny, lecz musi mieć odpowiednie potemu warunki, musi się przedtem połączyć z fibrynogenem, co następuje właśnie podczas skrzepnięcia. A więc istota krzepnięcia przedstawia się jak następuje: jest to połączenie przez zetknięcie kilku koloidów, z których jeden działa, jako enzym. Nie jest to bynajmniej działanie katalityczne. Jeśli np. jakieś warunki zewnętrzne przeszkodzą fibrynozizie, następuje tylko krzepnięcie. W procesie krzepnięcia mają udział dwa składniki krwi: osocze i ciałka białe, które umierając, wzbogacają osocze w trombozym. W normalnych warunkach w naczyniach odbywa się pewna wymiana substancyj między temi dwoma składnikami, lecz w rozmiarach ograniczonych. Część trombozemu dostaje się do osocza, lecz wpływ jego zobojętnia antitrombina. Bardzo duże ilości trombogenu i fibrynogenu osocza przechodzą do ciałek białych. Mikroskopijnie cieniutka warstewka fibryny nierozpuszczalnej pokrywa ścianki komórek. Lecz fibryna ta zostaje trawiona przez żyjącą protoplazmę ciałek białych. Po koagulacji, czynności asymilacyjnej, następuje trawienie, czynność dezasymilacyjna. Kompleks trombina posiada dzięki trombozymowi zdolności pokrewne protoplazmie leukocytów: po strąceniu, fibrynogen trawi go i może powtarzać tę podwójną czynność asymilacyjną i dezasymilacyjną kilkakrotnie. Lecz różnica mię-

dzy działalnością enzymu a żywej komórki polega na tem, że w pierwszym przypadku niema hamulca, któryby w każdej chwili mógł tę czynność powściągnąć. Nader interesującym zadaniem było wykazanie roli i powstawania tego enzymu, wykazanie jak własności całego środowiska konstytuowały się z czynników poszczególnych.

Według *P. Nolf*
opracowała *E. Sokolnicka*.

Dr. W. CONRAD.

O B U R Z A C H.

(Odczyt publiczny).

Burza należy bezsprzecznie do najpotężniejszych i najwspanialszych zjawisk, zachodzących w naszej atmosferze. Jeśli ośmielam się poruszyć ten temat w waszem gronie, to niechęć przez to bynajmniej utrzymywać, że zbyt mało o burzy dotychczas mówiono lub pisano. Ale publicznie nigdy nie poruszano tego tak ważnego zjawiska przyrody, co skłania mnie poczęści do wybrania tego tematu. Prócz tego, nadmienić należy, że dopiero niedawno odkryto w fizyce fakty podstawowe i nowe, zdolne przekształcić do gruntu nasze poglądy na zjawiska elektryczne w atmosferze, albo przynajmniej wskazać drogi, jakimi możnaby było wytłumaczyć wytwarzanie się olbrzymich ilości elektryczności, niezbędnych do powstawania błyskawicy¹⁾. Opis wyników tych nowszych badań będzie zatem stanowił główny cel odczytu. Zanim jednak spróbujemy dać wyjaśnienie zjawiska, rozpatrzmy je w całości i w szczegółach.

Wyobraźmy sobie upalny dzień letni. Rano i przed południem było już bardzo

gorąco, a powietrze zawierało dużo wilgoci. Słońce „piecze“. Robi się coraz parniej, aż wreszcie w godzinach popołudniowych na horyzoncie ukazuje się ciemna, gęsta chmura. Nad nią widać zwykle rodzaj białej zasłony z lekkich, włókienkowatych, niekiedy promienisto uszeregowanych obłoków; jestto t. zw. zasłona cirrostratusowa. Niebo przybiera barwę mleczno-białą. Czarna ściana chmur posuwa się na niebie wciąż wyżej, zasłaniając słońce. Kłęby chmur dosięgają już oto połowy wysokości nieba. Szerokość tych kłębow jest potężna, jednakże z poza nich przegląda jednostajna płaszczyna jasno lub ciemno-szara. Niebawem zasłona cirrostratusowa szybko dociera do zenitu, gdzie wkrótce potem zjawia się i czarna chmura. Kiedy poprzednio panowała cisza dziwnie przemijająca, teraz wiatr zrywa się nagle w kilku potężnych skokach, drzewa zginają się do ziemi, z wyschniętych dróg podnoszą się kłęby ciężkiego kurzu, światło dzienne ściemnia się gwałtownie, ciężkie masy chmur przybierają odcień żółtawy. Na suchą ziemię spadają pierwsze ciężkie krople, po których niebawem zjawia się pierwsza błyskawica. Grzmot słyhać już było poprzednio zdaleka, ale teraz huczy on za każdą nową błyskawicą; deszcz leje z chmur obficie—burza jest w pełnym rozwoju. Błyskawica spieszy za błyskawicą, grzmot nie przestaje łomotać i trzaskać. Zwykle przyroda nie szaleje długo w ten sposób i, w zależności od rodzaju burzy, następuje po niej wkrótce znów słońce i niebo błękitne, niekiedy zaś długotrwały deszcz lądowy.

Uprzytomnijmy sobie teraz przebieg burzy, a wyróżnimy następujące momenty tego zjawiska przyrody: 1) deszcz, krupy albo grad, a więc opad; 2) błyskawica i grzmot.

Rozpatrywanie nieco bardziej szczegółowe tych podzjawisk burzy lepiej jest zacząć od błyskawicy i grzmotu, choć, jak to już teraz podkreślimy, podczas burzy opad jest czynnikiem pierwotnym, wytwarzającym elektryczność.

Najbardziej znaną postacią błyskawicy jest t. zw. błyskawica zygzakowata, le-

¹⁾ Porówn. *Wszechświat* z r. b., №№ 40, 41, 42, artykuł p. t. Zagadnienia zasadnicze elektryczności atmosferycznej przez d-ra J. L. Salpetera.

piej liniowa, gdyż zygzak jest zapewne tylko objawem subiektywnym. Zdaje się wogóle, że postać zygzakowatą błyskawicy, tak rozpowszechnioną w wyobrażeniu ludzi, zawdzięczamy stylizowaniu malarzy i rysowników. Ten rodzaj wyładowania się błyskawicy przebiega tak niesłychanie szybko i oślepia oko do takiego stopnia, że obserwacja bezpośrednia nic prawie nam nie daje. Dopiero fotografia ujawniła postać błyskawic liniowych.

Żadna z wielu zdjętych dotychczas fotograficznie błyskawic nie posiadała postaci kanciastej. Linia błyskawicy jest wężykowatą i rozwidła się na wiele gałęzi, tak, że zdjęcia błyskawic podobne są zupełnie do wielkiej rzeki, rozszczepiającej się ku górze na mnóstwo mniejszych rzek ¹⁾.

Tak tedy fotografia dała nam poznać prawdziwą postać błyskawicy; fotografia również pokazała nam, w jaki sposób właściwie odbywa się wyładowanie błyskawicy. W samej rzeczy, jeśli w czasie zdjęcia poruszać będziemy kamerą fotograficzną w górę i w dół, to, wobec szybkiego wyładowywania się błyskawicy, powinniśmy otrzymać conajwyżej linię błyskawicy rozszerzoną. W rzeczywistości jednakże widzimy na takich zdjęciach cały szereg leżących obok siebie linii wyładowań, z których pierwsza jest najkrótszą, zaś ostatnia — stanowi błyskawicę, już zupełnie wykończoną. Co tu, na płycie fotograficznej, znajduje się przestrzennie obok siebie, odbywa się w przyrodzie w czasie jedno po drugim. Kiedy przyglądamy się takiemu zdjęciu, to przychodzi nam natychmiast na myśl, że błyskawica nie może przebić od jednego razu całej przestrzeni powietrznej, — pierwsze wyładowanie jest stosunkowo krótkie, następne — już nieco dłuższe i t. d., aż wreszcie następuje ostateczna błyskawica, która dociera do ziemi albo do najbliższej chmury; innemi

słowy, wygląda to tak, jakgdyby poprzednie wyładowania musiały dopiero utorować drogę wyładowaniu głównemu. Te same zjawiska obserwować można również w razie wyładowań iskier, otrzymywanych zapomocą wielkich maszyn influencyjnych i induktoryów.

Co dotyczy trwania wyładowań błyskawic, to mierzył je Dufour w Lozannie; obracał on białą z czarnym krzyżem tarczę sto razy na sekundę w czasie burzy nocnej i liczył ilość obrotów, widoczną przy świetle jednego wyładowania. Zapomocą tej metody Dufour odkrył kategorię błyskawic, w których ciągu tarcza zdawała się nieruchomą; błyskawice te nazywa momentalnemi. Wobec innej grupy tarcza również zdawała się nieruchomą, jednakże w ciągu niesłychanie krótkiego czasu następował szereg kolejnych wyładowań. Wreszcie błyskawice trzeciej kategorii możnaby nazwać powolnemi, gdyż trwają kilka dziesiątych sekundy.

I barwa błyskawic bywa bardzo różna. Elster i Geitel odróżnili przede wszystkim błyskawice czerwone i niebieskawe. Jeśli błyskawice suną od ziemi ku chmurom, to są czerwone, w odwrotnym kierunku — niebieskawe. Wymienieni badacze potwierdzili spostrzeżenie powyższe zapomocą doświadczeń w pracowni. Z oddziaływań magnetycznych na bloki bazaltu Toepler i Pockels obliczyli wielkość, która może zainteresować szeroki ogół, mianowicie siłę prądu wyładowania błyskawicy. Doszli oni do wniosku, że siła ta wynosi conajmniej 20 000 amperów. Liczbę tę dopiero wtedy ocenimy, jeśli uwzględnimy, że wielki wagon tramwajowy wprowadza się w ruch zapomocą 20 amperów.

Nad długością błyskawic dokonano również szeregu spostrzeżeń. Błyskawice, szybujące od chmur do ziemi, są rzadko dłuższe od 2—3 km, natomiast błyskawice, przechodzące od chmury do chmury, osiągają niekiedy długość bardzo wielką. Hann w swoim podręczniku meteorologii przytacza np. spostrzeżenie z pewnego szczytu górskiego, kiedy długość błyskawicy oceniono około na 50 km.

¹⁾ Jest rzeczą możliwą, że pętlice w drodze błyskawicy, niejednokrotnie już fotografowane, w razie odpowiedniego skrócenia perspektywicznego, mogą wywoływać wrażenie kąta.

Wymieńmy teraz pokrótce rodzaje wyładowań elektryczności burzowej, bez porównania rzadsze od opisanej błyskawicy liniowej.

Najbardziej podobna do tej ostatniej jest błyskawica o postaci sznura z pereł. Jestto szczególnego rodzaju zjawisko, które polega na tem, że linia błyskawicy składa się z samych punktów, tak, że przypomina sznur świecących pereł.

Błyskawice, wywołujące świecenie całej chmury, można wyjaśnić zapomocą t. zw. wyładowania tlejącego; noszą one nazwę błyskawic powierzchniowych.

Najbardziej osobliwą postacią błyskawicy, o której istnieniu nawet długo powątpiewano, jest t. zw. błyskawica kulista. Błyskawica ta składa się z masy świecącej kulistej, powoli się poruszającej, która niekiedy znika cicho i bez śladu, niekiedy zaś wybucha z głośnym hukiem i wyrządza szkody. Dopiero Toepferowi udało się otrzymać podobne zjawiska z wielkimi maszynami influencyjnymi. Tłumaczy on to tak zagadkowe zjawisko w ten sposób, że w kanale, przez który przechodzi błyskawica liniowa, światło układa się w warstwy i wytwarza się masa świecąca, kanał ten przewodzi elektryczność znacznie lepiej niż powietrze zwyczajne.

Rozpatrzmy jeszcze pokrótce ogień św. Elma. Na szczytach gór i na masztach okrętów dość często w czasie opadów i burz wszystkie ostre zakończenia budowli, włosy ludzi, włókna ubrań wełnianych i t. p. obsadzone są małemi, syczącemi światełkami—ogniem św. Elma. Mamy tu do czynienia z bardzo powolnym wyrównywaniem się elektryczności, z prądem ostrych końców. Według Obermayera istnieją dwa rodzaje ognia św. Elma: jeden dodatni—duży czerwony snop światła na długiej łodydze, drugi ujemny—mały niebieskawy snopek bez łodygi.

Tak tedy opisaliśmy postaci wyładowań elektryczności burzowej i, zanim przejdziemy do wytłumaczenia tej ostatniej, musimy jeszcze słów kilka poświęcić zjawisku następującemu po błyskawicy—grzmotowi.

Jak każda iskra elektryczna, tak samo i iskra elektryczna na dużą skalę, czyli błyskawica, musi wywoływać wielki hałas. Obserwator, blisko którego uderza błyskawica, słyszy tylko ostre uderzenie. Błyskawice bardziej odległe wytwarzają dopiero znane przewalanie się grzmotu. Huk błyskawiczny możemy łatwo zrozumieć, jeśli uprzytomnimy sobie, jak intensywnie ogrzewa się powietrze w kanale błyskawicy i z jaką siłą odrzucone zostaje w bok. Po przejściu błyskawicy powietrze w ten sposób zgęszczone musi znów wrócić na poprzednie miejsce, przyczem samo się zgęszcza, znów zostaje odrzucone i t. d. Krótko mówiąc, powstają zgęszczania i rozrzedzania powietrza, — fale dźwiękowe. Mówiliśmy poprzednio, że błyskawice liniowe są niezwykle długie i że rozwidlają się na mnóstwo gałęzi. Światło widzimy w chwili jego powstawania, natomiast szybkość dźwięku wynosi zaledwo $\frac{1}{3}$ km na sekundę. Zatem wobec błyskawicy, której długość wynosi wszystkiego 2 km, fale dźwiękowe przez nią wywołane, będą trafiły do naszego ucha w przeciągu 6 sek. Nie zapomnijmy jeszcze o licznych interferencyach między falami dźwiękowymi, wytwarzanymi przez rozmaite gałęzi błyskawicy, a zrozumiemy wzbieranie i opadanie grzmotu—przewalanie się grzmotu. Do tego dołącza się echo i odbijanie się od przedmiotów na ziemi.

Zauważmy nawiasem, że grzmot słychać ze znacznie mniejszej odległości, niż jesteśmy skłonni zwykle przypuszczać. Według wielu spostrzeżeń najdłuższy czas, upływający między błyskawicą a grzmotem wynosi 70 sek. Znaczy to, że grzmot przestajemy słyszeć w odległości, większej niż 21 km. Działa słychać z odległości znacznie większej. Wystrzały z dział w czasie uroczystości na pogrzebie królowej angielskiej Wiktorji słychać było np. aż w odległości 140 km. Pochodzi to może stąd, że grzmot powstaje dość wysoko w atmosferze i że wskutek tego fale dźwiękowe muszą przechodzić z powietrza rzadszego do gęstszego, przyczem zostają silnie odchyłone. Naszkicowaliśmy tedy wyżej zjawiska

elektryczne burzy, i przejdziemy teraz do pytania, jak wogóle można sobie wytłumaczyć powstawanie zjawisk elektrycznych w atmosferze.

Pierwszymi, którzy dowiedli, że błyskawica jest zjawiskiem elektrycznym, byli Benjamin Franklin w Ameryce i de Romas we Francyi. Pomijamy tutaj nieukończony długi spór o pierwszeństwo, jaki powstał między dwoma tymi badaczami i jaki dziś jeszcze toczy się między amerykańskimi a francuzami. Najprawdopodobniej obaj dokonali tego olbrzymiego postępu w poznawaniu przyrody zupełnie niezależnie jeden od drugiego. Metoda u obu była mniej więcej identyczna. Przed burzą puszczała w górę latawca, przymocowane do przewodzącego elektryczność sznura. Z końca sznurów, trzymany rączką izolującą, dawały się otrzymywać potężne iskry. Obaj obserwatorowie utożsamili te iskry z iskrami, jakie otrzymujemy z przewodnika maszyny elektrycznej. Później Le Monnier powtórzył doświadczenia de Romasa i Franklina, robił je również podczas pogodnego nieba i przekonał się, że i wtedy można otrzymać z końca sznura latawca wyładowania elektryczne. Tym sposobem został dokonany drugi wielki krok naprzód: ustalono zostało, że atmosfera, jeśli można się tak wyrazić, jest stale naelektryzowana.

Do obserwacji stałych latawec był środkiem bardzo niedogodnym, który szczególnie w czasie ciszy zawodził zupełnie. Zasługą wielką Beccarii pozostanie, że uniezależnił od latawca spostrzeżenia nad elektrycznością powietrza. Zamiast przyczepiać drut do bujających się i niepewnych latawców, przymocował go, izolowawszy, do wierzchołka wieży kościelnej i obserwował na dole.

W okresie następnym Cavallo, Saussure i Volta zupełnie przekształcili aparat obserwacyjny i uczynili go prawdziwie przydatnym. Wierzchołek wieży kościelnej zastąpiły początkowo żerdzie z ostremi końcami, później lonty i płomienie, które miały zbierać elektryczność; wyciąganie iskier ustąpiło miejsca przyrządowi mierzącemu, elektroskopowi ze słom-

ką, który wskazywał napięcia elektryczne stosunkowo małe.

Jest rzeczą niemożliwą w ciasnych ramach niniejszego odczytu naszkicować chociażby w przybliżeniu historię pomiarów elektryczności powietrza, i dlatego przeskoczmy sto lat pracy badawczej, aby zatrzymać się nieco na stanie współczesnej teorii elektryczności powietrznej i powrócić do wytłumaczenia elektryczności burzowej.

Niedawno zmarłemu lordowi Kelvinowi udało się stworzyć podstawę dla przyrządów, zapisujących automatycznie i stale wielkość napięcia elektrycznego między ziemią a punktem atmosfery, a Fr. Exner obmyślił łatwo przenośny przyrząd do mierzenia tego napięcia, nazywanego również spadkiem potencjału, i nadał kierunek celowy poszukiwaniom przez podanie teorii podstawowej. Dopiero dzięki tym dwóm badaczom, stworzony został grunt dla niezmiernie owocnych spostrzeżeń. Zaczęto je też robić w wielu punktach ziemi o wszystkich porach dnia i roku. Niezależnie od różnic w szczegółach, wszystkie te spostrzeżenia doprowadziły do jednego wyniku fundamentalnego: wszędzie okazało się, że w czystym powietrzu i podczas ładnej pogody powietrze w stosunku do ziemi jest naładowane elektrycznością dodatnią albo też odwrotnie, że ziemia w stosunku do powietrza posiada ładunek ujemny. Znaczący to innemi słowy, że ziemia przyciąga ciała, naładowane dodatnio, a odpycha ciała, naładowane ujemnie, zupełnie tak jak potarta laska laku odpycha naładowane ujemnie skrawki papieru, a przyciąga—dodatnio naładowane.

Zauważmy mimochodem, że do przewyciężenia sił odpychających i przyciągających potrzeba pewnej pracy. Pracę, jakiej potrzeba, aby ciało, naładowane jednostką elektryczności dodatniej podnieść z wysokości 1 m nad ziemią do wysokości 2 m, nazywamy różnicą potencjału między temi dwoma punktami.

Przeźren, w której panuje spadek potencjału elektrycznego, nazywamy polem elektrycznym. Każde ciało, naładowane elektrycznością wytwarza takie pole, jak

to wiemy jeszcze z doświadczeń szkolnych z naładowaniami elektrycznością przewodnikami. Zatem od wyników naszych spostrzeżeń jest już tylko krok jeden do wniosku, że ziemia, która jest wielką kulą, posiada stały, ujemny ładunek elektryczny. Coprawda zakładamy przytem, że powietrze jest izolatorem, to znaczy, ciałem, nie będącem w stanie przenosić elektryczności. W istocie, gdyby powietrze nie było izolatorem, to z góry możnaby przewidzieć, że ziemia w mniej lub więcej krótkim czasie straciłaby swój ładunek, że zatem jej pole elektryczne musiałoby zniknąć. Tymczasem Elster i Geitel dowiedli zapomocą doświadczeń, że ciało naładowane, dobrze izolowane, umieszczone w powietrzu, traci stopniowo ładunek. W związku z nowymi wynikami badań fizycznych zjawisko to można było wytłumaczyć jedynie w ten sposób, że powietrze atmosferyczne zawiera nadzwyczaj drobne cząstki, które są nośnikami elektryczności dodatniej i ujemnej. Cząstki te nazywamy jonami.

Jeśli tedy założymy istnienie tych jonów, to strata elektryczności przez ciało naładowane tłumaczy się w sposób prosty. Ciało z ładunkiem ujemnym np. przyciąga jony dodatnie, które w ten sposób unicestwiają stopniowo ładunek ciała. Zatem sprawa ta polega w gruncie rzeczy na przenoszeniu się elektryczności w atmosferze. Elster i Geitel odkryli wszakże inne zjawisko, niesłychanie ważne. W przeciwieństwie do poglądów dawniejszych, przekonali się mianowicie, że strata elektryczności przez ciało naładowane, albo, jak to nazwali, rozpraszenie się elektryczności jest największe w razie czystego, jasnego powietrza, w atmosferze zaś zmaczonej i zamglonej—może spaść nawet do zera. Pochodzi to stąd, że jony uczepiają się cząstek kurzu i wody w powietrzu zmaczonym (adsorpcya jonów), tracą tym sposobem byt niezależny i nie są w stanie wędrować do ciała naładowanego. Rzecz szczególna, że dwa rodzaje jonów nie są związane w jednakowej ilości przez owe cząstki maczące; jony ujemne chwymane są znacznie łatwiej, niż dodatnie, tak, że

wraz z następowaniem złej pogody można oczekiwać nadmiaru samodzielnych jonów dodatnich. Wracając zatem do naszych początkowych wywodów, musimy wnioskować, że przyjęcie istniejącego raz na zawsze ładunku ujemnego ziemi bynajmniej nie może wystarczyć w celu wytłumaczenia stwierdzonego przez obserwacye elektrycznego pola ziemi, gdyż ładunek ziemi rozproszyłby się naskutek wędrowek ku niej jonów dodatnich. Moglibyśmy teraz pytanie odwrócić i powiedzieć: a może jednakże istnieje stały, ujemny ładunek elektryczny ziemi? Chociaż ładunek ten zmniejsza się naskutek przybywania jonów dodatnich, to jednakże reszta tego ładunku zachowuje się w całości od tej chwili, kiedy wszystkie jony dodatnie są związane. Ale wtedy znowu przestałoby istnieć zjawisko rozpraszania. A to z kolei przeczyłoby obserwacyi bezpośredniej, pomimo, że nie tylko sprawa powyższa musi zachodzić koniecznie, lecz że istniejące w każdej chwili jony w znacznej ilości tracą byt samodzielny przez łączenie się (jony dodatnie i ujemne) oraz przez adsorpcyę.

Widzimy zatem, że w przyrodzie muszą bezwarunkowo istnieć źródła energii, które wytwarzają w powietrzu atmosferycznym wciąż nowe jony samodzielne—jonizują powietrze.

Takie nieprzerwanie czynne jonizatory powietrza odkryto w istocie. Tyle zajmujący obecnie i słynny rad posiada własność jonizowania powietrza, nadawania mu zdolności przewodzenia elektryczności.

Chociaż trudno bardzo otrzymywać czyste preparaty radu w postaci stężonej i w większej ilości, jednakże rad,—wogóle substancye radioaktywne, są nadzwyczaj rozpowszechnione na ziemi, choć w ilościach bardzo nikłych. W każdej cząstce ziemi, nieledwie w każdym kamieniu, we wszelkiej wodzie, oczywiście w ilościach nader rozmaitych, znajdujemy substancye radioaktywne. Powietrze, uchodzące z ziemi naskutek wahań w ciśnieniu atmosferycznym i temperaturze, zawiera gazy, wydzielane przez

substancje radioaktywne ziemi: emanację radioaktywną. Już powietrze, opuszczające ziemię musi być—rzecz jasna—najonizowane; więcej nawet: jeśli przypomnimy sobie, jak rozmaicie zachowują się dwa rodzaje jonów, to zrozumiemy teorię Eberta polegającą na tem, że powietrze w ziemi, raz najonizowane, oddaje już w rurkach włoskowatych ziemi część swych jonów odjemnych i że powietrze zewnętrzne otrzymuje poważny nadmiar jonów dodatnich.

Teoria Eberta dostarcza nam tedy pierwszego czynnika, wytwarzającego podział ładunków, przyczem ziemia otrzymuje ładunek odjemny, do otaczającego zaś powietrza przybywa nadmiar ładunku dodatniego. Być może, że zjawisko to odbywa się tylko w dolnych warstwach atmosfery; wszakże wskutek prądów prostopadłych w powietrzu oraz dyfuzji emanacja radioaktywna dociera z pewnością do najwyższych warstw atmosfery, które również jonizuje.

Uzbrojeni w wiadomości powyższe jedynie, widzimy, że już wobec powstawania warstwy oparu w atmosferze może dojść do znacznych zakłóceń normalnego elektrycznego pola ziemi. W samej rzeczy, jony odjemne będą uciekały od ziemi, dodatnie zaś będą przez nią przyciągane. Dążące w górę jony odjemne ulegną zatem adsorpcji po stronie dolnej warstwy oparu, dążące w dół jony dodatnie będą adsorbowane po stronie górnej. Tym sposobem spadek potencjału w warstwie oparu znacznie się zwiększy.

Dotychczas mówiliśmy o zachowaniu się elektryczności w powietrzu w czasie „ładnej pogody“. Zanim jednakże przejdziemy wreszcie do naszego właściwego tematu—powstawania elektryczności podczas opadów,—musimy się przenieść na chwilę do innej dziedziny.

W pierwszym przybliżeniu przyjmuje się zwykle, że w określonej temperaturze powietrze może zawierać tylko zupełnie określoną ilość pary wodnej. Jeśli w pewnej chwili w powietrzu znajduje się akurat tyle pary wodnej, ile jest możliwe w danej temperaturze, i jeśli następnie temperatura się obniży, to nad-

miar pary wodnej powinien się wydzielić w postaci ciekłej; musiałaby nastąpić kondensacya, a wraz z nią opad. Rzecz się ma tak jednakże nie zawsze. Dowiedziono mianowicie, że woda wydzielić się może w postaci ciekłej tylko wtedy, kiedy warstewki plynu mogą się umieścić dookoła małych cząstek—jąder. Jądra takie znajdują się w dolnych warstwach atmosfery w postaci cząstek pyłu w ilości niesłychanie wielkiej. Aitken obliczył, że np. w miastach ilość tych cząstek dochodzi do kilku setek tysięcy w 1 cm^3 . Nawet w najczystszym powietrzu wiejskiem i górskim znajduje się w tej samej objętości wiele setek jeszcze.

Okazuje się tedy, że w najniższych warstwach powietrza—pomimo zaznaczonej trudności—może dojść do zgęszczenia w razie dostatecznego ochłodzenia. W przyrodzie ochładzanie się powietrza—uwzględniamy tutaj tylko wielkie opady—następuje tylko wtedy, kiedy powietrze zmuszone jest się podnosić; praca rozszerzania się, jaką wykonywać musi powietrze, przechodząc z dolnych warstw gęstszych do górnych rzadszych, może odbywać się tylko kosztem zawartości cieplnej powietrza, - ono musi się zatem ochładzać. Wyobraźmy sobie więc taki podnoszący się do góry prąd powietrza, a zrozumiemy łatwo, że kondensacya nastąpi przedewszystkiem dookoła drobnych pyłków; zaczną powstawać obłoki. Ale w następstwie tej sprawy podnoszący się prąd powietrza wydzieli wszystkie cząstki kurzu. Wznoszący się wyżej prąd powietrza będzie się naturalnie coraz bardziej ochładzał, ale pomimo, że w powietrzu będzie znacznie więcej pary wodnej, niż to odpowiada jego temperaturze, kondensacya nie będzie mogła nastąpić, gdyż brakuje niezbędnych w tym celu jąder. Nową tę trudność usunął, jak się zdaje, C. T. R. Wilson. Wykazał on mianowicie zapomocą doświadczeń w pracowni, że kondensacya może również zachodzić w powietrzu, pozbawionem pyłków, mianowicie wtedy, kiedy w powietrzu znajduje się najmniej cztery razy tyle pary wodnej, ile normalnie odpowiada nasyce-

niu. Kiedy to t. zw. poczwórne przesylenie zostaje osiągnięte, wtedy jony odjemne stają się jądrami zgęszczającymi. Dopiero wobec poszóstnego przesylenia nabywają tej własności jony dodatnie. Nasz prąd powietrza, o ile jest dostatecznie intensywny, wzbije się w górę tak wysoko, a zarazem ochłodzi się do takiego stopnia, aż nastąpi poczwórne przesylenie. Wtedy raptownie nastąpi kondensacja dookoła jonów odjemnych. Widzimy więc tutaj, w jaki sposób następuje separacja jonów dwu rodzajów; mianowicie wszystkie prawie jony odjemne, obciążone kropelkami, muszą teraz spaść na dół w postaci chmury.

Różnice potencjału wzrastają niesłychanie, z jednej strony między odjemną „chmurą z jonami“ a górną krawędzią „chmury z pyłkami“, która przecież, na podobieństwo warstwy oparu pochłoneła wielką ilość jonów dodatnich,—z drugiej zaś strony między odjemną „chmurą z jonami“ a pozostałymi w górze dodatnimi ładunkami jonów. Wytworzą się napięcia, wynoszące wiele milionów wolt, aż wreszcie nastąpią gwałtowne wyrównywania, — wyładowania błyskawic. Skutkiem obfitego deszczu jony odjemne wrócą w nadmiarze do ziemi, która otrzyma z powrotem swój ładunek odjemny. Obieg elektryczności w atmosferze jest zamknięty.

Przesunąłem przed oczyma słuchaczy piękny obraz, który ma objaśnić w sposób logiczny gospodarke z elektrycznością w przyrodzie. Spodziewam się, że obraz ten nie straci w oczach waszych na piękności, jeśli powiem, iż zaprowadziłem was w sam środek badań najnowszych. Nikomu jeszcze nie udało się odkryć w atmosferze przesyceń tak olbrzymich. Dla dalszych badań odsłania się tu pole nader rozległe.

Tłum. L. H.

E. J. LESSER.

ŻYCIE BEZ TLENU.

Celem niniejszej rozprawki będzie krytyczne zestawienie spostrzeżeń odnoszących się do zjawisk życia bez tlenu. Dotąd z tych zjawisk najlepiej jest znana fermentacja, opracowana przez takich badaczy jak Schützenberger, Duclaux, Adolf Mayer i innych. Życie bez tlenu wprowadzie u wyższych ustrojów upodobniano do przebiegu fermentacji, ale nie zajmowano się niem bliżej. Nie dlatego jednak, aby brakowało teoretycznych podstaw do wyjaśnienia tego zagadnienia. Na żadnym może innem polu biologii nie budowano tak łatwo teorii, jak na polu rozwiązywania zagadnień z dziedziny życia bez tlenu. Słusznie powiedział Duclaux, że na tem polu sugestia zanadto wybitne może miała znaczenie. Podstawę do tego twierdzenia łatwo można znaleźć, przypomnijmy sobie tylko obserwację, znaną każdemu: człowiek i zwierzęta wyższe i niższe giną w krótkim czasie pozbawione powietrza z powodu „uduszenia“. Spostrzeżono jednak, że nie powietrze jako takie jest potrzebne do życia, lecz tlen, i odtąd często znajdujemy w literaturze teoretyczne twierdzenie, że wszystkie ustroje bez wyjątku do swoich funkcji życiowych potrzebują wolnego tlenu. Kiedy jednak okazało się, że są ustroje, które mogą żyć bez tlenu, odnoszono to tylko do niektórych ustrojów i długo znowu musiano czekać, aż sobie drogę uutorował ten pewnik, że wyższe ustroje, a nawet zwierzęta kręgowce mają zdolność do życia bez tlenu.

Fermentacji w rozważaniach niniejszych dotkniemy o tyle tylko, o ile ma ona historyczne znaczenie dla badań spraw, zachodzących podczas życia bez tlenu wyższych ustrojów i o ile jest potrzebna do przedstawienia całości naszego tematu. Ponieważ zwierzęta ciepłokrwiste pozbawione tlenu giną, dlatego procesy chemiczne, które wówczas się

odbywają, nie mogą być badane na zwierzętach wyższych.

Polecano różne nazwy dla oznaczenia życia bez tlenu. Mówiono o anaerobiozie i aerobiozie; — ponieważ tu mówić nie będziemy o znaczeniu powietrza wogóle, lecz tlenu jedynie, dlatego użyjemy niedawno polecanej nazwy: oksybioza i anoksybioza (Weinland).

I. Zjawiska anoksybiotyczne u jednokomórkowych.

Fermentacja alkoholowa cukru pod działaniem drożdży.

Pasteur około 1861 roku rozpoczął naukowe badania nad zjawiskami anoksybiotycznymi. Jego określenie fermentowania okazuje się w zasadniczych rysach trafne. Pasteurowi jednak zdarzyło się to samo, co się tak często dzieje, ilekroć ukaże się jakaś nowa myśl w nauce, że posunął zadaleko swoje twierdzenie pierwotne i skutkiem tego doszedł do niektórych wniosków o fermentacji drożdżowej, które później były obalone na podstawie doświadczenia.

Pasteur znalazł przedewszystkiem, że „fermentacja masłowa odbywa się pod wpływem wymocзка, żyjącego bez wolnego tlenu, powietrze go zabija“. Są to więc istoty żyjące, które działają fermentacyjnie. Pod tem zaś Pasteur rozumiał przedewszystkiem, że ustroj sprowadzający fermentację rozkłada wielokrotną ilość pokarmu w stosunku do ciężaru swego własnego ciała. Te żywe istoty działające jako fermenty różnią się tem od innych ustrojów, że do życia nie potrzebują wolnego tlenu. Pasteur więc zadał pytanie: czy zdolność działania fermentatywnego (t. j. użytkowywania pożywienia w ilości przenoszącej setki razy ciężar ciała) znajduje się w związku przyczynowym ze zdolnością do życia bez tlenu? Dla rozstrzygnięcia tego pytania Pasteur przeprowadza fermentację drożdżową wody ocukrzanej w obecności tlenu i bez tlenu. Aby w obecności tlenu utworzył się 1 gram świeżych drożdży, cukier zużywa się w ilości 6—8 krotnej tego ciężaru. Jeżeli odcięto przystęp

wolnego tlenu, to do wytworzenia 1 g drożdży potrzeba było 60—80—100 razy więcej cukru. Pasteur wykazał dalej, że drożdże pochłaniają znaczne ilości tlenu wolnego i skutkiem tego może się odbywać spalanie. Drożdże więc wykazują dwie formy życiowe: w dostępie powietrza są aerobami, sprowadzają więc spalanie cukru na bezwodnik węglowy i wodę; bez powietrza żyją jako anaeroby;—tylko w tym ostatnim przypadku,— i tu twierdzenie Pasteura jest przesadne i nie udowodnił go już doświadczeniem,— działają jako ferment, to jest na jednostkę nowowytworzonych drożdży zużytkowują nieproporcjonalnie wielkie ilości cukru, przyczem produktami rozpadu cukru są w istocie alkohol i dwutlenek węgla, kiedy działając jako aeroby dają dwutlenek węgla i wodę. Drożdże, mówi Pasteur, żyją jak pleśni, jeżeli mają tlen (a także w obecności podatnego do fermentowania cukru). Dalej zauważył, że dopóki pleśni (*Aspergillus glaucus*, *Mucor racemosus*) żyją na powierzchni roztworów cukru, nie występuje w nich alkohol.

Jeżeli zaś wstrząśniemy ten płyn, tak że powłoka pleśni dostanie się pod jego powierzchnię, wówczas zaczyna się tworzyć alkohol. Tworzenie bezwodnika węglowego trwa ciągle. Pasteur stanowczo twierdzi, że pleśni tylko w razie braku tlenu wytwarzają alkohol. Dokładniejsze dane, popierające na podstawie doświadczenia jego teorię o przyczynowym związku fermentowania z brakiem tlenu, Pasteur podał później (bo w roku 1875 w *Etudes sur la Bière*).

Pasteur umieszcza małą ilość drożdży w kolbce, którą albo całkowicie wypełnia roztworem cukru przedtem wygotowanego i wolnego od powietrza, albo w doświadczeniu oksybiotycznym powierzchnia płynu jest na wysokości kilku *cm* ale bardzo rozległa. Wyniki z tego doświadczenia zestawia w następującej tabelicy:

Widzimy więc, że w rzeczywistości do wytworzenia 1 grama drożdży w obecności lub braku tlenu potrzeba różnych ilości cukru. Posiew jednak nie przy-

Środowisko	Rozłożona ilość cukru	Utworzona ilość drożdży	Na 1 gram nowopowstałych drożdży fermentująca ilość cukru	trwanie doświadczenia
Bez powietrza	145,4	1,368	89	20 dni
z powietrzem	150	1,970	76	11 „
Bez powietrza	45	0,255	176	60 „
z powietrzem	10	0,44	23	2 „
z powietrzem	1,04	0,127	8,1	2 „

kląda żadnej wagi do czasu trwania swoich doświadczeń. Zadawała się wykryciem tego, co nazywa „le pouvoir ferment“, to jest tej ilości cukru, która się rozkłada, aby po wysianiu minimalnej ilości drożdży (praktycznie nie do zważenia) wytworzyć na nowo jeden gram. Doświadczenia oksybiotyczne i anoksybiotyczne są porównywane bez zaznaczenia, że te trwają do 60 dni, tamte zaś kończą się w przeciągu kilku dni. Pasteur chce tylko to wykazać, że zużywanie pożywki bez przystępu tlenu jest daleko większe i popełnia tu błąd, ponieważ nie zwraca wcale uwagi na czas trwania doświadczeń. Energetyczne pojęcie zjawisk biochemicznych było jeszcze u Pasteura niejasne. Mówi on wprawdzie, że cukier podczas fermentacji tylko częściowo jest źródłem ciepła, ponieważ alkohol, który powstaje z niego, nie spala się; — dalej, że każdą komórkę żywą, która może żyć bez tlenu, należy uważać za ferment, brakuje mu jednak energetycznego pojmowania przemiany materii, które dopiero znacznie później rozwinęli w tej dziedzinie Rubner i Pfeffer. Pasteur zapomina, że komórka drożdżowa, nawet gdy się nie rozwija, musi mieć przemianę energii. Ilość cukru, która pod czas jego doświadczeń została zużyta, tylko częściowo służyła do budowy nowych komórek drożdżowych, inna część została przerobiona pod wpływem energii drożdży. Ta druga część musi się z postępem czasu znacznie powiększać. Dlatego też doświadczenia Pasteura nad drożdżami nie mogą służyć za dowód jego zapatrywań.

Duclaux usiłował wnioski Pasteura

sprostować na drodze matematycznej. Rozróżnia cukier zużyty na wytworzenie nowych komórek i cukier potrzebny do utrzymania dopiero co powstałych komórek. Dla doświadczeń Pasteura w obecności powietrza Duclaux przyjmuje, że mnożenie się drożdży przebiega według prawa Hansena: wzrost ciężaru drożdży jest proporcjonalny do kwadratów z czasów. Obliczaniom jednak Duclauxa brak eksperymentalnych podstaw. I teraz też problem ten wydaje się trudnym do rozwiązania; może da się rozwiązać z pomocą metody Rubnera używanej dla bakteryj. Rubner określa kalorymetrycznie w kulturze ciepło spalania przed i po doświadczeniu. Następnie oznacza ciepło spalania nowo wytworzonych mas bakteryj i w końcu, zapomocą kalorymetru przez siebie podanego, wyznacza ilość ciepła wytworzonego podczas doświadczenia. Z tego można robić i inne obliczenia.

Tłum. K. B.

(C. d. nast.).

KOMETA HALLEYA.

12-go września r. b. telegram okólny Centralnej Stacji astronomicznej w Kilonii obwieścił światu, że kometa Halleya powróciła; odkrył ją p. Wolf w Heidelbergu na fotografiach, zdjętych w d. 11 września zapomocą teleskopu F: 5, o 72 cm średnicy zwierciadła. Telegram ten ułatwił astronomom w Greenwich poszukiwania komety, i oto okazało się, że zaznaczyła ona swoje istnienie już 9-go września, na dwu fotografiach, dokonanych w Greenwich zapomocą reflektora o 30-o calowem zwierciadle; czas ekspozycji tych fotografij wynosił tylko 30 i 25 minut, gdyż na dłuższe zdjęcia nie pozwalało sąsiedztwo księżycy. Z fotografij tych można było jednak wyznaczyć położenie komety. Wznoszenie proste było o 24^s większe, zboczenie zaś o 4' mniejsze, niżby to wypadało z efemerydy pp. Cowella i Cromelina, obliczonej na zasadzie dostrzeżeń komety z przed lat 75-u. Różnica pomiędzy rachunkiem a obserwacyami jest bardzo mała; pamiętać jednak trzeba, że tym razem błąd elementów uległ pozornemu zmniejszeniu, skutkiem wielkiej odległości, przeszło 500 milionów kilometrów, w której przez

nowoczesne narzędzia udało się dostrzedz komety. P. Cowell godzi obserwację z rachunkiem, przyjmując, że obliczony czas przejścia komety przez punkt przysłoneczny jest o 3,4 dnia zawczesny; według poprawionych elementów kometa znalazłaby się najbliżej słońca 20-go kwietnia r. p. Dodajemy dla objaśnienia, że ze wszystkich elementów wspomniany daje się zazwyczaj najmniej dokładnie przepowiedzieć, a to dlatego, że zależy wprost od szybkości obrotu komety na orbicie; łatwo zaś zrozumieć, że drobny, a zawsze nieunikniony błąd, popełniony w wyznaczaniu z obserwacji szybkości komety (czyli t. zw. średniego ruchu dziennego), sumuje się ciągle i po latach wielu wywołuje znaczną różnicę pomiędzy obliczoną a rzeczywistą długością. Już po odkryciu komety ogłoszono wyniki rachunków, dokonanych staraniem Towarzystwa astronomicznego rosyjskiego. Rzecz ciekawa, że kometa znalazła się prawie pośrodku pomiędzy położeniem, wynikającym z elementów pp. Cow. i Cromm. z jednej, a Tow. astr. ross. ¹⁾ — z drugiej strony.

12-go, 13-go i 14-go września odfotografowano komety w obserwatorium Licka na górze Hamiltona w Ameryce; tutaj do fotografowania służył również teleskop zwierciadlany. Przed niewiele laty wydawało się, że reflektory, dawniej stale rywalizujące o pierwszeństwo z refraktorami, zostały daleko w tyle; tymczasem względna taniść zwierciadeł, ułatwione obecnie ich posrebrzanie, oraz nieobecność aberracji chromatycznej w reflektorach (co dla promieni łamliwych, aktywnych ma szczególne znaczenie), sprawiły, że ostatnimi czasy chętnie są one używane, zwłaszcza gdy chodzi o siłę światła.

Pierwsze dostrzeżenia oczne komety Halleya dokonane zostały w Obserwatorium Yerkesa w Ameryce, zapomocą 40-o calowego refraktora. Kometa przedstawiała się jako słaba plamka, w środku zgęszczona, o średnicy 11". P. Wolf w Heidelbergu zobaczył ją w swym reflektorze dopiero 10-go października. Jeżeli jasność komety wzrastać będzie proporcjonalnie do $\frac{1}{r^4 \Delta^2}$, to w połowie grudnia r. b. będzie ona 12-ej wielkości, a więc dostępna dla lunet średniej wielkości. Dokładne jej położenia podawać będziemy w swoim czasie.

Z elementów komety Halleya, wyprowadzonych przez p. Searlea, wypływa, według

tegoż astronoma, że kometa zbliży się najbardziej do Ziemi 19-go maja r. 1910, na odległość około 20 milionów kilometrów (a więc tylko 50 razy większą od odległości księżycy, lecz 2,5 razy większą niż najmniejsza odległość komety w r. 1835). 18-go maja kometa będzie w połączeniu ze słońcem co do długości, przyczem jej szerokość heliocentryczna wynosić będzie — 7'. Według tych elementów kometa nie okaże się na tarczy słońca; przejście przez tarczę nie jest jednak wykluczone, w razie małego w nich błędu. W każdym razie p. Searle uważa za rzecz wysoce prawdopodobną, że 18-go maja Ziemia znajdzie się wewnątrz warkocza komety. Przyszłość pokaże, czy wystąpią w tym czasie anormalne zaburzenia w magnetyzmie ziemskim i inne. Byłoby rzeczą wysoce ciekawą przeprowadzić badanie elektryczności atmosferycznej zapomocą nowych metod pp. Elstera i Geitela we wskazanym okresie.

Gołem okiem kometa będzie widoczna zapewne dopiero na przełomie zimy i wiosny.

T. Banachiewicz.

Korespondencya Wszechświata.

Meteory.

P. St. Kosińska z Aleksandrówki pisze do nas:

Widziałam 26 września r. b. o godz. 6 m. 26 wieczorem bolid znacznie jaśniejszy niż Mars obecnie, barwy żółtej, ciągnący za sobą zielonawą smugę długości 1^o, a świecąca bardzo jasno w ciągu sekundy po zniknięciu bolidu. Ukazał się na wysokości 10^o nad poziomem południowo-wschodnim, w ciągu 5 — 6 sekund przebiegł drogę pochyloną względem poziomu wschodniego pod kątem 55^o i znikł na wysokości 1,5^o, a w odległości 2^o na północ od Marsa. Wobec bardzo powolnego biegu bolidu widać było wyraźny ruch jego nieco wydłużonej głowy, mającej wygląd małej lampki elektrycznej.

Meteor z dn. 8/X, godz. 6 m. 31 wieczorem, punkt ukazania się: α 16 h. 51 m., δ + 4,5^o, punkt zniknięcia: α 16 h. 4 m., δ — 5^o. Barwa bardzo czerwona, blask większy niż Marsa, smuga krótka $\frac{1}{4}$ ^o, żółto-zielona. Czas widzialności 4 s.; droga meteoru ku końcowi biegu nieco falista. Meteor z dn. 23/X, godz. 6 m. 51 wieczorem: widziany w przerwie między dwiema grupami drzew, które skryły początek i koniec jego drogi; punkt ukazania się: α 9 h. 53 m.,

¹⁾ Błąd efemerydy Tow. astr. ross. jest bardzo mały; p. Millosevich zauważył jednak, że nie odpowiada ona elementom, z których jest obliczona.

$\delta + 57^\circ$, punkt zniknięcia: α 9 h. 0 m., $\delta + 53^\circ$. Meteor znacznie jaśniejszy niż Mars, barwy zielonej, ze smugą żółtą, czas widzialności 1—1,5 s.

warszawskiego, 30-go października r. b., p. Władysław Szaniawski zakomunikował, że w majątku swym, w pow. Radzyńskim, ziemi Siedleckiej, zakłada obserwatorium astronomiczne. Głównym narzędziem będzie ekwatoryał Zeissa o 200 mm obiektywie z dwoma astrografami F:5 o 120 mm obiektywach, również Zeissa. Obserwatorium posiada koło południkowe mniejszych rozmiarów, zegar astronomiczny i chronometr precyzyjny. Budynek z kopułą jest już postawiony; refraktor zaś z astrografami konstruktor obiecuje dostarczyć za pół roku.

T. B.

Wiadomości bieżące.

Obserwatorium astronomiczne w Przegalinach Wielkich. Na posiedzeniu Komisji meteorologicznej Towarzystwa naukowego

BULETYN METEOROLOGICZNY

za czas od 21/X do 31/X 1909 r.

(Ze spostrzeżeń na Stacji Meteorologicznej Centralnej przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie.)

Dzień	Barometr red. do 0 ^o i na ciężkość 700 mm			Temperatura w st. Cels.					Kierunek i prędk. wiatru w m/sek.			Zachmurzenie (0—10)			Suma opadu mm	UWAGI
	7 r.	1 p.	9 w.	7 r.	1 p.	9 w.	Najw.	Najn.	7 r.	1 p.	9 w.	7 r.	1 p.	9 w.		
21	57,4	57,3	56,8	7,0	15,2	10,3	16,0	6,0	SE ₁	SE ₃	SE ₃	⊙0	⊙1	0	—	
22	56,2	55,1	56,9	5,6	11,6	10,6	12,0	4,5	SE ₄	SE ₂	NW ₃	⊙2	⊙8	10	—	
23	58,9	58,3	57,4	5,6	12,0	8,8	12,5	5,0	W ₂	SW ₂	S ₃	7	⊙5	0	—	
24	54,4	51,5	49,3	3,8	9,6	7,8	12,5	3,2	SE ₂	SE ₅	SE ₃	10≡	⊙1	0	—	
25	46,4	45,3	45,1	4,4	12,4	9,2	12,8	3,8	W ₁	NW ₁	NW ₃	3	⊙8	10	0,1	• n.
26	45,5	45,9	48,1	7,0	9,3	7,4	9,8	6,5	NW ₂	NW ₂	NW ₃	8	10	10	0,3	• 1 ²⁰ p. dr.—4 p.
27	50,2	51,9	49,7	5,6	9,0	8,5	9,9	5,4	N ₃	N ₂	N ₁	10	10	10	—	
28	49,0	47,6	47,8	5,4	11,0	7,6	11,4	5,0	E ₂	E ₃	E ₃	⊙0	⊙1	6	—	
29	49,1	49,6	50,4	5,8	13,7	10,4	14,0	5,5	E ₁	E ₃	SE ₃	⊙7	⊙6	0	—	
30	52,0	52,7	54,1	7,6	11,2	7,6	12,5	7,0	E ₇	SE ₇	E ₇	⊙6	⊙1	10	—	
31	55,0	54,4	55,1	4,0	7,2	5,5	8,0	3,2	NE ₂	SE ₅	SE ₃	10	4	2	—	
Średnie	52,2	51,8	51,9	5,6	11,9	8,5	11,9	5,0	2,5	3,2	3,2	5,7	5,0	5,3	—	

Stan średni barometru za dekadę $\frac{1}{3}$ (7 r. + 1 p. + 9 w.) = 752,0 mm

Temperatura średnia za dekadę: $\frac{1}{4}$ (7 r. + 1 p. + 2 × 9 w.) = 8^o,4 Cels.

Suma opadu za dekadę: = 0,4 mm

TREŚĆ NUMERU. O krzepnięciu krwi, według P. Nolfi opracowała E. Sokolnicka.—Dr. W. Conrad. O burzach, tłum. L. H.—E. J. Lesser. Życie bez tlenu, tłum. K. B.—Kometa Halleya, przez T. Banachiewicza.—Korespondencya Wszechświata.—Wiadomości bieżące.—Buletyn meteorologiczny.

Wydawca W. Wróblewski.

Redaktor Br. Znatowicz.