

11431

Prof. Dr. K. Twardowski

Od autora

Prof. Dr. E. Twardowski

Odbitka z czasopisma polskiego Towarzystwa przyrodników im. Kopernika

**KOSMOS XXXIV.**

>«<

11431

## Budowa naszego układu gwiazdowego

(Sur la structure de notre système stellaire).

Napisał

**Prof. Dr. MARCIN ERNST.**

(Z 12 ryc. cynk. i 3 tablicami litograficznymi w tekście).



L W Ó W,

ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDERO 6. 4.

1909.



114 PAN 11431



H



## Budowa naszego układu gwiazdowego.\*)

(Sur la structure de notre système stellaire).

Napisał

**Prof. Dr. MARCIN ERNST.**

(Z 12 ryc. cynk. i 3 tablicami litograficznymi w tekście).

Aby poznać z całą dokładnością rozmieszczenie gwiazd w przestrzeni, konieczną jest znajomość ich odległości. Jedyną ścisłą podstawą mierzenia odległości jest paralaksa roczna. Ale odległości gwiazd są tak olbrzymie, że paralaksa ich roczna jest wielkością zbyt małą, aby ją skonstatować i wymierzyć można. Tylko najbliższe gwiazdy, których odległość nie przekracza 150 lat światła, mają paralaksę dostrzegalną. W tych granicach wszakże zdołano stwierdzić tylko około stu gwiazd, a więc ilość znikomą. Pomijając więc te wyjątki, powiedzieć możemy, że ogół gwiazd znajduje się dalej, aniżeli 150 lat światła, zresztą w odległości nieznaney.

Nie mając więc możności poznania budowy świata z całą dokładnością, musimy dążyć do poznania budowy przynajmniej schematycznej, starając się aby ten schemat jak najlepiej odpowiadał danym obserwacyjnym.

Wnioski co do rozmieszczenia przestrzennego gwiazd opierać się muszą na rozmieszczeniu ich rzutów na powierzchnię kulistą, której środek zajmuje obserwator, t. j. na pozorne sklepienie niebieskie. Rozmieszczenie gwiazd na sferze niebieskiej jest dalekiem od jakiejś jednostajności. Biorąc pod uwagę tylko obraz, przedstawiający się nieuzbrojonemu oku,

\*) Odczyt, wygłoszony w d. 19. lutego 1909 r. na Walnem Zgromadzeniu Polskiego Tow. Przyr. im. Kopernika we Lwowie.

K  
18.12.59  
A. 569

1

H-177 447



widzimy, że ugrupowanie gwiazd jest dosyć chaotyczne. Wszędzie gwiazdy różnego stopnia jasności są ze sobą pomieszane, a gromadzą się one w jednych miejscach w grupy, gdy inne części nieba są stosunkowo ubogie w gwiazdy. Wybitnie prawidłowem zjawiskiem wydaje się tylko droga mleczna, która okala wyraźnym pierścieniem całe niebo.

Ogólny charakter obrazu nie ulega zmianie, gdy patrzymy na niebo przez lunetę. Chaotyczność ugrupowania pozostaje taką samą, tylko skala różnic jasności wzrasta w zależności od siły lunety. W miarę jak drobniejsze gwiazdy stają się widzialnymi, szybko też rośnie liczba gwiazd dostrzegalnych. Droga mleczna w lunecie o tyle wydaje się inną, że w miejscach, gdzie oko dostrzega tylko rozlaną jasność, przez lunetę widać mnóstwo skupionych drobnych gwiazd, chociaż rozlane jasne tło w ogólności nie znika. Odnosi się zresztą wrażenie, że, przy dostatecznie wielkiej sile lunety, cała droga mleczna okazałaby się zbiorowiskiem olbrzymiej liczby oddzielnych gwiazd.

Ten ostatni pogląd był punktem wyjścia pierwszych spekulacyj, dążących do zdania sobie sprawy z rozmieszczenia słońc w przestrzeni. Musi istnieć pewna prawidłowość rozmieszczenia przestrzennego słońc, znajdująca tak uderzający wyraz w zgrupowaniu się większości gwiazd w dość wąskim pasie drogi mlecznej. W drodze mlecznej też zawsze szukano klucza do rozwiązania zagadki.

Jest rzeczą ciekawą, iż przypuszczenie, najbardziej odpowiadające bezpośredniemu wrażeniu, że droga mleczna jest rzutem na sklepienie niebieskie pierścienia zamkniętego, utworzonego z mnóstwa gwiazd drobnych, nie występuje nawet w tych pierwszych spekulacjach. Punktem wyjścia jest w nich pogląd, że droga mleczna jest zjawiskiem perspektywicznym, pochodzącem stąd, iż przestrzeń, zajęta przez gwiazdy, rozciąga się o wiele dalej w kierunku płaszczyzny drogi mlecznej, aniżeli w jakimkolwiek innym. Ogólniej mówiąc, wyobrażano sobie już wówczas, że układ gwiazd ciągnie się w przestrzeń tem dalej w danym kierunku, im więcej gwiazd skupia się w tym kierunku na niebie.

Jeżeli taki pogląd przyjmijemy za podstawę badań szczegółowych, zmierzających do wyznaczenia kształtu przestrzeni,

w której zgromadzone są gwiazdy, to należy we wszystkich kierunkach w istocie wszystkie gwiazdy policzyć, a następnie uczynić jakieś założenie co do gęstości rozmieszczenia gwiazd w przestrzeni.

Najprostsza jest hipoteza równomiernego rozmieszczenia, t. j. że jeżeli zakreśliśmy dokoła naszego stanowiska, jako środka, szereg kul o promieniach dowolnych  $r_1, r_2 \dots r_n$ , to liczby gwiazd, zawartych w każdej z tych kul, znajdują się w stosunku sześciannym ich promieni. Albo też, jeżeli zamiast kul weźmiemy pod uwagę stożki o wspólnym wierzchołku, mające jednakowy kąt przy wierzchołku, to liczby gwiazd w tych stożkach zawartych, znajdują się w tym samym stosunku, co objętości tych stożków, albo co sześcianny ich wysokości.

Ten ostatni sposób wysłowienia się, odpowiada bezpośrednim warunkom badania astronomicznego. Pole widzenia lunety obejmuje na niebie koło, widziane z ziemi pod pewnym określonym kątem. Na tym kawałku nieba skupiają się wszystkie gwiazdy, zawarte wewnątrz stożka, którego kąt u wierzchołku jest właśnie owym kątem, pod którym widzimy pole widzenia lunety. Jeżeli więc w rozmaitych kierunkach w polu tej samej lunety widać różne liczby gwiazd, to, przy założeniu równomiernego rozmieszczenia, należy wnioskować, że objętości stożków, do których należą gwiazdy owych różnych pól, znajdują się w prostym stosunku do liczby gwiazd, widzianych w tych polach, albo też, że wysokości tych stożków znajdują się w stosunku do pierwiastków sześciennych z liczb gwiazd w odpowiednich polach. Ponieważ każdy taki stożek zawiera wszystkie gwiazdy aż do granic układu, więc wysokość jego przedstawia miarę rozciągłości układu gwiazdowego w tym kierunku. W krótkich słowach można wynik powyższego rozumowania streścić w sposób następujący. Jeżeli gęstość przestrzennego rozmieszczenia gwiazd jest w całym układzie gwiazdowym jednakowa, to odległość granic układu w każdym kierunku jest proporcjonalną do pierwiastku sześciennego z liczbą gwiazd, widzianych w tym kierunku, w granicach określonego pola widzenia.

Na tej podstawie oparł swoje „sondowania“ nieba William Herschel. Użył on do tego celu największej w owych czasach



lunety, której pole widzenia wynosiło około 15' i przez którą można było dostrzedz gwiazdy aż do 16-tej wielkości. Zadanie, które należało wykonać, polegało na tem, aby pole po polu przeliczyć wszystkie gwiazdy całego nieba. Na jeden stopień kwadratowy nieba przypada przeszło 20 pól wielkiej lunety Herschla, a całe niebo obejmuje 41253 stopni kwadratowych. Należało więc policzyć gwiazdy w 832979 polach. Jeżeli zważymy, że w niektórych gęstych polach w drodze mlecznej liczba gwiazd widzialnych wynosiła kilka tysięcy, to zrozumiemy, iż wykonanie zadania w całej rozciągłości było rzeczą niemożliwą.

Faktyczne liczenie Herschla w połączeniu z liczeniami jego syna Johna, który specjalnie wybrał się w tym celu na przylądek Dobrej Nadziei, aby zdobyć też materiał dla południowej półkuli nieba, obejmuje nie więcej jak 150-tą część całego firmamentu. Pomimo to posiadają one duże znaczenie, i żałować należy, że nikt potem nie odważył się kontynuować śmiałego przedsięwzięcia Herschla.

Liczba wszystkich przeliczonych pól przez obu Herschla sięga 6000, które dają więc odległość granic układu w 6000 kierunkach, a więc wyznaczają tyleż punktów owej powierzchni granicznej. Na podstawie takiego materiału można było ogólny przebieg tej powierzchni granicznej wykreślić w sposób podobny, jak wykreślamy przebieg linii krzywej na podstawie szeregu punktów, otrzymanych z obserwacji; dążymy wtedy do tego, aby przebieg krzywej najlepiej odpowiadał położeniu tych punktów, co nazywa się wyrównaniem graficznym. W sposób podobny uzyskana powierzchnia graniczna charakteryzuje nam dosyć dokładnie średni przebieg granicy. Znany jest powszechnie podawany we wszystkich popularnych kosmografiach przekrój układu gwiazdowego powierzchnią, prostopadłą do płaszczyzny drogi mlecznej i przechodzącą przez gwiazdozbiór Łabędzia, który jest wynikiem „sondowań“ Herschla. W gruncie rzeczy, jeżeli odrzucimy hipotezę równomiernego rozmieszczenia, postać układu gwiazdowego, wywnioskowana przez Herschla, jest tylko graficznym przedstawieniem funkcji, określającej średnią liczbę gwiazd jednego pola jego lunety w różnych odległościach od drogi mlecznej.

Aby wnioskiem tym można było przypisać głębsze zna-

czenie, należałoby mieć to przekonanie przedewszystkiem, iż Herschel lunetą swą dotarł do granic układu, t. j. że przy użyciu lunet silniejszych liczba gwiazd widzialnych jużby się nie powiększyła. Z drugiej strony hipoteza rozmieszczenia równomiernego musiałaby być uzasadnioną i popartą przez dane obserwacyjne.

Co do pierwszego punktu, to Herschel sam przyznaje, że w drodze mlecznej liczne miejsca oparły się sile jego lunety, nie dając rozszczepić się na oddzielne gwiazdy. Zresztą badania późniejsze z pomocą wielkich refraktorów, a szczególnie na drodze fotograficznej, wykazały nie tylko w drodze mlecznej, ale i w innych częściach nieba przyrost liczby gwiazd w porównaniu z wynikami Herschla. Co do hipotezy równomierności, to znajduje się ona w rażącej sprzeczności z wyglądem nieba, a szczególnie z wyglądem drogi mlecznej, której charakterystyczną cechą są gęste skupienia, poodgradzane od siebie miejscami, o wiele uboższymi w gwiazdy.

Odrzucając więc zbyt daleko idące wnioski, ze schematu Herschla wypływa jeden ciekawy wniosek: średnia liczba gwiazd pola, albo średnia gęstość gwiazd w różnych odległościach od drogi mlecznej rośnie stale, w miarę zbliżania się do drogi mlecznej. W fakcie tym występuje wyraźnie związek pomiędzy gwiazdami, objawiający się w ogólnej tendencji skupiania się ich w kierunku drogi mlecznej. Jeżeli poprzednio kilkakrotnie użyliśmy wyrażenia „układ gwiazdowy“, to przesądziliśmy fakt, iż liczba gwiazd jest skończoną i rozmieszczoną w przestrzeni skończonej. W przeciwnym razie nie mogłoby być w ogóle mowy o układzie, a tembardziej o jego kształcie. Przypuszczenie, że gwiazdy w istocie tworzą układ, wymaga uzasadnienia, o które bardzo trudno, gdy wiemy, że ze wzrostem naszych środków optycznych wzrasta liczba gwiazd widzialnych. Chodziłoby więc o stwierdzenie, że istnieje granica, której liczba gwiazd przekroczyć nie może przy stosowaniu jak najdoskonalszych środków obserwacji.

Chcąc osiągnąć w tym przedmiocie jakieś wyniki pewniejsze, nie wystarcza samo liczenie gwiazd. Jeżeli bowiem układ sięga tem dalej w pewnym kierunku, im większą jest gęstość pola w tym kierunku, to i granice, w których mieszczą się wielkości różnych gwiazd pola, muszą być rozleglejsze — jasność



bowiem szybko maleje ze wzrostem odległości. Jeżeli w pewnym kierunku układ rozciąga się 4 razy dalej niż w innym, to najślabsze gwiazdy w pierwszym kierunku będą 16 razy mniej jasne niż w drugim. Zresztą liczba gwiazd danej wielkości zależy będzie od prawa rozmieszczenia gwiazd w przestrzeni.

Pojęcie wielkości gwiazdy jest w astronomii ściśle określone. Stosunek jasności gwiazd dwóch kolejnych wielkości wynosi 2.5, t. j. od gwiazdy 1-ej wielkości otrzymujemy 2.5 razy tyle światła, co od gwiazdy 2-ej wielkości i t. d. Gwiazda zatem, któraby w odległości, przyjętej za jedność, była gwiazdą pierwszej wielkości, wobec odwrotnego stosunku jasności i kwadratu z odległości stawałaby się kolejno gwiazdą 2, 3, 4 i t. d. wielkości w odległościach

1.6, 2.5, 4.0, 6.3, 10.0, 16.0, 25.0, 40.0...

t. j. w odległości, równej 40 takich jednostek gwiazdowych, byłaby już gwiazdą 9-ej wielkości.

Gdyby rozmiary rzeczywiste gwiazd były jednakowe, to możnaby na podstawie wielkości względne ich odległości określić, a rozległość układu w różnych kierunkach odpowiadałaby odległości najmniejszych gwiazd, w tych kierunkach widzialnych. W tem założeniu też z łatwością z danych statystycznych możnaby wnioskować o rozmieszczeniu przestrzennem gwiazd.

Jeżeli wyobrazimy sobie szereg kul spółrodkowych o promieniach, odpowiadających odległościom gwiazd kolejnych wielkości, to pomiędzy powierzchniami 1 i 2 kuli znajdują się wszystkie gwiazdy od 1 do 2-ej wielkości, pomiędzy powierzchniami 2 i 3-ej kuli gwiazdy od 2 do 3-ej wielkości i t. d. Łatwo sprawdzić, że przestrzenie, zajęte przez gwiazdy kolejnych wzrastających wielkości rosną w postępie geometrycznym ze stosunkiem  $(2.5)^{1-5} = 3.95$ . Przy równomiernem rozmieszczeniu przestrzennem zatem też liczby gwiazd kolejnych wielkości wzrastałyby w tym stosunku. Liczbę tę będziemy w dalszym ciągu, za przykładem autorów angielskich, nazywali „stosunkiem gwiazd“ (star-ratio). Gdyby rozmieszczenie przestrzenne było nierównomierne, to wartość stosunku gwiazd byłaby mniejszą lub większą od wyżej podanej, zależnie od tego, czy gęstość w przestrzeni malałaby wraz z odległością, czy też rosła.

Wiemy, że w rzeczywistości gwiazdy posiadają rozmiary



różne i że różnice zawarte są nawet w bardzo rozległych granicach. Ale z rachunku prawdopodobieństwa wynika, że wnioski, dotyczące stosunku gwiazd, pozostaje słusznym nawet i przy bardzo różnych rozmiarach, jeżeli tylko w rozmieszczeniu gwiazd większych i mniejszych niema określonej prawidłowości, t. j. że prawdopodobieństwo spotkania gwiazdy danych rozmiarów jest we wszystkich odległościach jednakowym. Z drugiej strony lokalne jakieś odstępstwa od takiego stanu rzeczy mogą poszczególne wyniki zmodyfikować, lecz wynik ogólny w przybliżeniu odpowiadać będzie ogólnemu charakterowi rozmieszczenia.

Zobaczmy, jakim jest w istocie stosunek liczby gwiazd dwóch kolejnych wielkości. Materiał statystyczny stosunkowo dokładny istnieje dla gwiazd tylko do 9-ej wielkości. Zawarty on jest dla półkuli północnej w katalogu Argelandera „Bonner Durchmusterung“, a dla półkuli południowej w Schönfelda „Südliche Durchmusterung“, Goulda i Thome'a „Uranometria Argentina“ oraz Gilla i Kapteyna „Cape photographic Durchmusterung“. Pozostawiając na stronie ostatnie źródło, którego materiał dotąd szczegółowo opracowanym nie został, otrzymuje się jako stosunek gwiazd średnio liczbę 3.9, a więc dosyć zgodną z liczbą teoretyczną 3.95, odpowiadającą równomiernemu rozmieszczeniu.

Wynika stąd z jednej strony, że w przestrzeni, zajętej przez gwiazdy aż do 9-ej wielkości, mieści się prawie tyleż gwiazd, ile mieściłaby ich kula o promieniu, równym 40 jednostkom gwiazdowym przy rozmieszczeniu równomiernem, z drugiej zaś strony wynika, że wyżej przytoczone odległości, w których gwiazda kolejno widzianą byłaby jako gwiazda coraz wyższej wielkości, mogą być stosowane jako średnie odległości gwiazd tych wielkości. Gdybyśmy wszakże z faktu, że gwiazdy 9-ej wielkości widzialne są we wszystkich kierunkach, wnioskować chcieli, że przestrzeń ta we wszystkich kierunkach rozciąga się jednakowo, t. j. naprawdę ma kształt kuli, to wniosek ten byłby tylko wtedy uzasadniony, gdyby średnia gęstość gwiazd na pole była we wszystkich kierunkach jednakową.

W rzeczywistości tak nie jest. Prawo wzrostu gęstości wraz ze zbliżaniem się do drogi mleczej wyraźnie występuje

już u najjaśniejszych gwiazd; a ponieważ w takich badaniach za podstawę służą nam średnie gęstości w różnych odległościach od drogi mlecznej, więc prawo to występuje tem wyraźniej, im z większej liczby gwiazd wyprowadzone są te średnie — a więc coraz wyraźniej dla gwiazd drobniejszych.

Ta niezaprzeczenie stwierdzona tendencja wzrostu gęstości gwiazd w kierunku drogi mlecznej spowodowała wprowadzenie nowego układu spólrzędnych, którego stosowanie w badaniach, dotyczących rozmieszczenia przestrzennego gwiazd, przedstawia niezaprzeczone korzyści. Jest to układ t. z. spólrzędnych galaktycznych<sup>1)</sup>.

Koło wielkie, w przebiegu swym najlepiej się schodzące z przebiegiem ogólnym drogi mlecznej, nazywa się równikiem galaktycznym, punkty zaś, w których prosta, prostopadła do płaszczyzny równika galaktycznego, przecina się ze sklepieniem niebieskim, nazywają się biegunami galaktycznymi. Szerokości galaktyczne liczy się od równika galaktycznego do biegunów od 0 do 90° na północ dodatnio, na południe ujemnie. Długości galaktyczne liczy się od wielkiego koła, przechodzącego przez bieguny galaktyczne i punkt równonocy wiosennej, od 0° do 360° w kierunku z prawa na lewo.

W celu zupełnego określenia tego układu wystarczy znać spólrzędne jednego z biegunów galaktycznych w jednym ze znanych układów, na przykład w układzie równikowym. W tym ostatnim układzie spólrzędniemi są: wznoszenie proste ( $\alpha$ ) i zboczenie ( $\delta$ ). Spólrzędne biegunów galaktycznych wielokrotnie były określane, i wyniki, pomimo dosyć zawikłanego przebiegu drogi mlecznej, wykazują tylko niewielkie różnice. Średnie wartości spólrzędnych, wynikające ze wszystkich określeń, dla bieguna północnego są następujące:

$$\alpha = 12^h 40^m, \quad \delta = +28^{\circ} 47'.$$

Odpowiednio spólrzędne bieguna północnego, jako punktu diametralnie przeciwległego, są:  $\alpha = 0^h 40^m$ ,  $\delta = -28^{\circ} 47'$ . Według tego określenia biegun galaktyczny północny przypada w gwiazdozbiorze Warkocza Bereniki, południowy zaś w gwiazdozbiorze Rzeźbiarza. Dalej wynika stąd, że równik galaktyczny

<sup>1)</sup> Od  $\gamma\alpha\lambda\alpha$  = mleko.



nachylony jest do równika świata pod kątem  $61^{\circ}23'$ , zbliża się więc do biegunów świata na odległość niespełna  $29^{\circ}$  w Kasyopei na północy i w Krzyżu południowym na południu. Z równikiem świata przecina się równik galaktyczny w dwóch punktach o  $180^{\circ}$  od siebie odległych, które mają wznoszenie proste  $6^{\text{h}}40^{\text{m}}$  i  $18^{\text{h}}40^{\text{m}}$ . W pierwszym z tych punktów, przypadającym w gwiazdozbiorze Jednorozca, droga mleczna z półkuli północnej przechodzi na południową, w drugim zaś — w gwiazdozbiorze Orła — przechodzi z południowej półkuli na północną.

Otóż dla gwiazd każdej wielkości średnia gęstość gwiazd w pasach, równoległych do równika galaktycznego, jest funkcją szerokości galaktycznej, której wartość rośnie, gdy bezwzględna wartość szerokości maleje.

Ale wzrost ten nie jest jednakowy dla wszystkich gwiazd, jest on powolniejszy dla gwiazd jaśniejszych, i coraz szybszy dla gwiazd drobniejszych. Wmiast szczegółowych zestawień, podajemy dla porównania tylko parę liczb, które ten stan rzeczy dostatecznie charakteryzują. Dla gwiazd sześciu pierwszych wielkości stosunek gęstości na równiku galaktycznym do gęstości na biegunie wynosi 1.4, dla gwiazd katalogu Argelander'a (aż do 9.5 wielkości) stosunek ten wynosi 3.2, dla gwiazd zaś, liczonych przez Herschla (do 16 w.), wypada stosunek 30. Wypływa stąd wniosek, że w pasach, równoległych do równika galaktycznego, średnia gęstość gwiazd wraz z wielkością wzrasta tem szybciej, im bardziej oddalamy się od biegunów galaktycznych.

Poprzednio więc podana wartość 3.9 stosunku gwiazd jest tylko średnią wartością tego stosunku, która prawdziwie zachodzi w jednej tylko szerokości galaktycznej; bliżej biegunów wartość ta jest mniejsza, bliżej równika galaktycznego większa, niż 3.9. A więc i rozmieszczenie przestrzenne tylko w kierunkach, odpowiadających tej jednej szerokości, można uważać za równomierne, w kierunkach, odpowiadających większym szerokościom galaktycznym, gęstość przestrzenna gwiazd maleje wraz z odległością, w miarę zaś zbliżania się do kierunku równika galaktycznego gęstość przestrzenna wraz z odległością gwiazd rośnie.

Dla gwiazd skatalogowanych, dla których więc istnieją

dokładne dane co do wielkości, położenia na niebie i liczby, w istocie został stwierdzony taki stateczny wzrost stosunku gwiazd wraz z malejącą szerokością galaktyczną. Materiał dokładny, jak wiemy, dotyczy wszakże tylko gwiazd pierwszych 9 wielkości.

Rozszerzenie tych wniosków na gwiazdy drobniejsze, a nawet przyjęcie owej średniej wartości 3·9, jako stosunku gwiazd poza granicami owych dokładnych danych statystycznych, byłoby ekstrapolacją, nie mającą podstawy realnej. Ale zdobycie tej realnej podstawy jest rzeczą bardzo trudną, skutkiem szybkiego wzrostu liczby gwiazd wraz z wielkością. Tak, w katalogu Argelandera na 324.128 gwiazd w ogóle, znajdujemy 213.854 gwiazd od wielkości 9·0 do 9·5. Można w ten sposób oczekiwać dla całego nieba około miliona i ćwierć gwiazd aż do 10 wielkości, a 4 i pół miliona gwiazd do 11 wielkości. Katalogowanie tak olbrzymich ilości gwiazd jest pracą, której wykonanie wymaga długich okresów czasu. Obecnie jest w toku wielkie przedsięwzięcie skatalogowania na drodze fotograficznej wszystkich gwiazd do 11 wielkości włącznie. Materiał jest już prawie zebrany w całości, a jednocześnie, choć znacznie wolniej, postępuje praca określania spólrzędnych i wielkości. Dotąd ogłoszono zaledwie kilkanaście tomów tego katalogu fotograficznego, który w całości obejmie tomów pewnie kilkadziesiąt. Otóż tych kilkadziesiąt tomów dopiero dadzą nam możliwość stwierdzenia, czy stosunek gwiazd pozostaje stałym także jeszcze o 2 wielkości dalej; tembardziej nie możemy dziś jeszcze nic powiedzieć o zmianach tego stosunku wraz z szerokością galaktyczną.

Jest rzeczą zrozumiałą, że gdyby średnia wartość stosunku gwiazd nie zmieniała się i dla gwiazd drobniejszych, znaczyłoby to, że liczba gwiazd jest nieskończenie wielką i zawartą w przestrzeni nieskończenie wielkiej. Jeżeli zaś układ jest skończony, to istnieć musi granica wielkości gwiazd; najmniejszymi bowiem wydadzą się nam najmniejsze słońca z tych, które leżą na krańcach układu. Stosunek więc gwiazd dla tej wielkości byłby zerem. Naturalnie przed tą wartością krańcową wartość stosunku, od pewnego miejsca począwszy, musiałaby się zmniejszać.

Otóż czy wobec braku dokładnych danych statystycznych możemy wykazać skończoność układu gwiazdowego? a jeżeli



jest on skończony, czy możemy podać, której wielkości gwiazdy należy uważać za najodleglejsze, t. j. na krańcach układu leżące?

Pewne wskazówki w tym względzie daje nam rozumowanie następujące. Wiemy, że stosunek jasności gwiazd dwóch kolejnych wielkości wynosi 2.5, stosunek zaś liczby gwiazd tych wielkości wynosi 3.9. Wynika stąd, że wszystkie gwiazdy danej wielkości dają  $\frac{3.9}{2.5} = 1.56$  razy tyle światła, co wszystkie gwiazdy poprzedniej wielkości. W ten sposób otrzymamy, że gwiazdy 6-ej wielkości dają 9 razy tyle światła co gwiazdy 1 wielkości, gwiazdy 11-ej wielkości już 85 razy tyle, wszystkie zaś gwiazdy aż do 9-ej wielkości dają tyle światła, co przeszło 2000 gwiazd 1 wielkości.

Stosowanie tego prawa wzrostu liczby gwiazd bez ograniczeń doprowadziłoby nas do dowolnie wielkich ilości światła, co z obserwacją się nie zgadza. Musimy więc stąd wywnioskować, że gwiazdy, które dostrzegamy, tworzą układ skończony, i że stosunek gwiazd, od pewnej wielkości począwszy, musi się zmniejszać.

Możemy nawet w przybliżeniu określić tę granicę wielkości, do której co najwyżej stosunek gwiazd może zachować swą wartość 3.9. Wiemy, że od gwiazd otrzymujemy światła niewiele. Księżyc w pełni daje nam tyle światła, co 88000 gwiazd 1-ej wielkości, księżyc zaś w kwadrze nie wiele ponad światło 12000 takich gwiazd, a przecież jasna noc gwiazdzista bez księżyca o wiele jest ciemniejszą, niż wieczór księżycowy z kwadrą. Porównujemy tu oświetlenie przez księżyc tylko z oświetleniem gwiazd widzialnej nad naszym poziomem półkuli nieba, zdaje się wszakże, że raczej przecenimy ilość światła gwiazd, gdy powiemy, że gwiazdy całego nieba dają tyle światła, co księżyc w kwadrze. Łatwy rachunek pokazuje, że gdyby stosunek gwiazd pozostawał stałym aż do 13 wielkości, to światło wszystkich gwiazd do 13 wielkości włącznie równałoby się światłu 11500 gwiazd 1 wielkości, a więc dorównywałoby prawie światłu kwadry księżyca.

W istocie obserwacje stwierdzają istnienie gwiazd o wiele drobniejszych, na miliony szacuje się liczby gwiazd 15 i 16 wielkości, a te bynajmniej nie są jeszcze najmniejsze.

\*

nek gwiazd nie zachowuje więc stałej wartości, lecz maleje szybko i zmiana znaczna zachodzi już z pewnością dla gwiazd między wielkością 9-tą a 13-tą. Gdzie ten stosunek w tym obrębie się zmienia i jakie wartości posiada, tego bez dokładnego materiału statystycznego stanowczo powiedzieć nie możemy. Ale i te ułamkowe dane, które posiadamy, rzucają pewne światło na tę sprawę.

W miarę jak przybywają nowe tomy katalogu fotograficznego, otrzymuje się dokładny materiał statystyczny dla tych części nieba, do których dany tom się odnosi. Prócz tego istnieje dużo obliczeń statystycznych, odnoszących się tylko do pewnych klisz. Pewnie, że dotąd niewielka część nieba w ten sposób została zbadaną, ale wnioski, które ztąd da się wyprowadzić, mają przynajmniej ten sam stopień pewności, co wnioski, wypływające z sondowań Herschla, które też tylko niewielką część nieba obejmują. Otóż z materiału dotąd zbadanego wypływa, że do wielkości 11-ej średni stosunek gwiazd nie jest mniejszym, aniżeli dla gwiazd do 9-ej wielkości, że więc wnioski, które na tej podstawie wyprowadziliśmy dla gwiazd do 9-ej wielkości, zachowują ważność jeszcze i dla gwiazd do 11-ej wielkości.

Ale w tem miejscu zdaje się zachodzić przełom. Średnia wartość stosunku liczby gwiazd 12 wielkości do gwiazd 11-ej wielkości, wypadająca z różnych klisz, wynosi tylko 1.5, a począwszy od gwiazd 16-ej wielkości, liczba gwiazd z wielkością nie tylko nie wzrasta, ale nawet jak się zdaje, szybko maleje. Dodamy nawiasem, że gdyby ten stosunek nawet zachował stałą wartość, a gwiazdy miały nieograniczenie, to ogólne światło gwiazd nie przekroczyłoby światła 6300 gwiazd 1-szej wielkości, gdyby zaś zachował swą wartość przynajmniej do gwiazd 16 wielkości, to gwiazdy pierwszych 16 wielkości dawałyby razem tyle światła, co 5800 gwiazd 1-ej wielkości. T. j. że przy jakimkolwiek dalszym stosunku, mniejszym niż 1.5 suma światła wszystkich drobniejszych gwiazd nie przekraczałaby ilości światła 500 gwiazd 1 wielkości. W istocie 6300 gwiazd 1 wielkości, jako górna granica ilości światła wszystkich gwiazd, nie zdaje się być w sprzeczności z rzeczywistością — aczkolwiek ścisłych danych obserwacyjnych w tym przedmiocie niema i skazani jesteśmy na proste szacowanie



przez porównanie z fazami księżyca. Ilość światła wyżej wspomniana odpowiada mniej więcej sierpowi księżyca na 3 dni przed kwadrą.

Jakaż jest graniczna wielkość gwiazd naszego układu? Dopóki astronomia posługiwać się mogła tylko bezpośrednimi spostrzeżeniami za pomocą lunety, stwierdzano zawsze, że do widzianych przedtem gwiazd przybywają nowe drobniejsze, gdy nowa luneta była silniejszą od dawniej używanych. Dotąd też siła lunet nie osiągnęła tej granicy, poza którą wzrost siły nie wpływałby już na liczbę widzianych gwiazd. Wnioskowanie stąd, że ten stan rzeczy trwałby nawet przy nieograniczonym doskonaleniu się narzędzi optycznych, byłoby niesłusznym wobec stwierdzonej wyżej skończoności rozmiarów układu gwiazdowego. Ale i dzisiaj już — powiedzieć można — dotrzeć do tych granic pozwoliła nam astrofotografia.

Jeżeli obraz, widziany w polu widzenia lunety, utrwalamy na kliszy, to okazuje się, iż wszystkie szczegóły tego obrazu, widziane okiem, utrwalają się na kliszy po wystawieniu jej przez godzinę. Po dłuższej ekspozycji występują już na kliszy szczegóły dla oka niedostępne, skutkiem sumowania się na kliszy drobnych ilości energii świetlnej, która na aparat wzrokowy działa momentalnie. Ten przyrost nowych szczegółów jest zresztą bardzo powolny. Jeżeli mianowicie przez daną lunetę widzimy jeszcze gwiazdy  $n$ -tej wielkości, a zatem 1 godzinę trwa ekspozycja w celu otrzymania gwiazd  $n$ -tej wielkości na kliszy, to, dla otrzymania na kliszy jeszcze gwiazd  $n+1$ -ej wielkości, ekspozycja trwać musi przecięciowo 3.6 godzin, w celu otrzymania gwiazd następnej wielkości ekspozycja trzeba przez  $(3.6)^2=13$  godzin i t. d. Teoretycznie więc, stosując dowolnie długi czas ekspozycji, możnaby stwierdzać istnienie coraz drobniejszych gwiazd. W praktyce, pomijając trudności natury czysto technicznej, występujące przy długiej ekspozycji, granicę jej trwania określa absorbencyja atmosferyczna: tak drobne ilości światła, jakie wysyłałaby ku nam gwiazda 20 wielkości, całkowicie w atmosferze zostałyby pochłonięte, i gwiazda taka żadnym sposobem dostrzeżonąby być nie mogła.

Ale zdaje się, że takich gwiazd wcale niema. Za pomocą największych dzisiejszych refraktorów w dogodnych warunkach

klimatycznych widzieć można jeszcze gwiazdy 17-ej wielkości. Po 13-godzinnem wystawieniu na kliszy, otrzymanej z pomocą takiego refraktora, występować mogą gwiazdy do 19-ej wielkości. Bardzo często, gdy chodzi o fotografie słabych mgławic, stosuje się jeszcze dłuższe ekspozycje, dochodzące niekiedy do 30 godzin; wtedy na kliszach powinny się otrzymać gwiazdy jeszcze drobniejsze.

Otóż stwierdzono, że dla każdej kliszy istnieje maximum liczby gwiazd, która już nie wzrasta, pomimo dalej trwającej ekspozycji. Dla części nieba, położonych blisko biegunów galaktycznych, niekiedy już wielkość 14-ta jest wielkością graniczną, i liczba gwiazd tej wielkości jest niewielka, począwszy zaś od 11—12 wielkości, liczba gwiazd mniejszych widocznie szybko maleje. To samo powiedzieć można o gwiazdach 18 i 19 wielkości w pasie drogi mlecznej. Spadek liczby tych gwiazd, w porównaniu z gwiazdami 16—17 wielkości, jest tak wielki, że wielkości te mamy prawo uważać za wielkości graniczne dla całego układu gwiazdowego. Gdyby gwiazd 18 i 19 wielkości było bardzo dużo, to niemożność stwierdzenia gwiazd mniejszych możnaby objaśnić absorbcją światła w atmosferze. Wobec tego wszakże, że gwiazdy 19 wielkości — przy dostatecznie długiej dla ich otrzymania ekspozycji — należą do rzadkości, gwiazd zaś 18-tej wielkości jest więcej niż drobniejszych, ale mniej znacznie niż 17 wielkości, więc możemy powiedzieć, że najodleglejsze, a przytem najmniejsze co do rozmiarów słońca przedstawiają się nam jako gwiazdy 19 wielkości.

Uwzględniając przybliżone zmiany stosunku gwiazd oraz powyższą granicę wielkości, otrzymuje się za pomocą łatwego rachunku 180 milionów, jako maksymalną liczbę gwiazd naszego układu. Prawdziwa liczba gwiazd jest prawdopodobnie mniejsza, gdyż przy obliczeniu nie został uwzględniony szybki spadek liczby gwiazd z jasnością, stwierdzony u gwiazd najmniejszych. Dotąd w tym względzie dokładnych danych liczbowych dla większych części nieba nie mamy.

Jakże się przedstawia zmiana stosunku gwiazd wraz z szerokością galaktyczną? Porównajmy ze sobą gęstości, wpływające z katalogów (gwiazdy do 9.5 wielkości) i z sondowań Herschlow. Dzielać niebo na 9 pasów, równoległych do równika galaktycznego, o równej szerokości  $20^\circ$  i tworząc średnie dla pa-



sów względem równika galaktycznego symetrycznie położonych, otrzymujemy liczby następujące:

z katalogów	3.0,	3.1,	3.6,	5.7,	8.2
z sondowań	109,	154,	271,	616.	2019
stosunek	36,	50,	75,	108,	246

Te liczby są bardzo pouczające: 4 pierwsze wartości stosunku przedstawiają wzrost stateczny, i ekstrapolacja z nich dałaby na piątym miejscu liczbę 150. Liczba 246 wskazuje, że w pasie drogi mlecznej zachodzi rażące zaburzenie tego szeregu, a powodem tego może być tylko wystąpienie w drodze mlecznej w olbrzymiej ilości gwiazd takich, które w innych pasach nie występują. Przy pewnym wzroście stosunku gwiazd ze zbliżaniem się do drogi mlecznej liczby Herschla, z wyjątkiem ostatniej, odpowiadają założeniu, że liczenia obejmują conajwyżej gwiazdy 13-tu pierwszych wielkości, a jeżeli były wśród nich drobniejsze, to w bardzo niewielkiej liczbie. W drodze mlecznej zaś zamiast liczby 1230 odpowiadającej stosunkowi 150, gęstość wynosi 2019 — spowodowana widocznie przez nagły przyrost liczby gwiazd drobnych o blisko 800 na jeden stopień kwadratowy.

Droga mleczna nie jest zatem tylko pasem, w którym gęstość gwiazd, rosnąca od biegunów, osiąga swe maximum, ale jest też pasem, w którym zachodzi lokalne istotne zgęszczenie drobnych gwiazd, począwszy od 14 wielkości, któremu odpowiada istotne zgęszczenie przestrzenne. Układ gwiazdowy zatem należy podzielić na 2 części: 1. wewnętrzną, w której rozmieszczenie gwiazd jest dosyć równomierne, ale wyraźnie występuje tendencja wzrostu gęstości w kierunku równika galaktycznego i tem silniej, im większą jest odległość, 2. zewnętrzną, w której gwiazdy skupione są w postaci pierścienia, określającego równik galaktyczny. Pomiędzy temi częściami niema przejścia ciągłego. Droga mleczna jest sumą gwiazd pierścienia oraz gwiazd części wewnętrznej, mających małą szerokość galaktyczną, i w ogólności, gwiazdy jaśniejsze drogi mlecznej należą do części wewnętrznej, gwiazdy drobne do pierścienia. Na krańcach części wewnętrznej leżą gwiazdy 13 i 14 wielkości, na krańcach pierścienia gwiazdy 18 i 19 wielkości. Wnioskując śmiało, możnaby powiedzieć, że odległość krańców tych dwóch części znajduje się w stosunku 1:10. Pe-

wnem jest to, iż część wewnętrzna jest tylko małą częścią całego układu.

Wszystkie powyższe wnioski, oparte w głównej mierze na liczbach wielkich oraz średnich, charakteryzują nam tylko schematyczną budowę naszego układu gwiazdowego. Wszystkie nader bogate szczegóły budowy, które mają obraz ogólny, celowo w takich dociekaniach są pomijane, a w przeciętnych liczbach całkowicie giną. Przypatrzmy się teraz dokładniej, co się mieści w tych ogólnych ramach.

Wszędzie na niebie widzimy miejsca bogatsze w gwiazdy i uboższe. Dotyczy to tak samo nieba, oglądanego przez lunetę, jak i widzianego gołym okiem. Gwiazdy grupują się w gwiazdozbiory, jest to rzeczą znaną powszechnie — i zachodzi pytanie, czy to gromadzenie się gwiazd na stosunkowo niewielkich powierzchniach jest tylko przypadkowym, czy też stoi ono w związku z istotną bliskością przestrzenną tych gwiazd. To drugie przypuszczenie w wielu razach wydaje się o wiele prawdopodobniejszym. Trudno się pogodzić z myślą, że tylko prosty przypadek zgromadził na tak małym kawałku nieba 7 jasnych gwiazd Plejad, nie mówiąc o znacznej ilości gwiazd teleskopowych 7 i 8 wielkości, zgromadzonych w tem miejscu, albo też gromadkę licznych gwiazd w kleszczu Raka. Te same wątpliwości nastęrcza pyszny gwiazdozbiór Oryona, Krzyż południowy oraz najbogatszy ze wszystkich w jasne gwiazdy Łabędź.

W niektórych wypadkach w istocie pewne wspólne cechy gwiazd takich grup stwierdzają, że zachodzi pomiędzy nimi ściślejszy związek, t. j. że są to odrębne układy lokalne. Tak np. gwiazdy Plejad wykazują wspólność ruchu co do kierunku i szybkości; to samo dotyczy większości gwiazd Wielkiego wozu. Co do Plejad stwierdzono także, że wszystkie one otoczone są mgławicą i że prawdopodobnie w tej mgławicy są pogrążone. Wspólność gwiazd Oryona znowu wynikać się zdaje z faktu, iż większość ich posiada typowe widmo, które zresztą spotykane jest nader rzadko.

Pośród gwiazd teleskopowych kontrasty co do gęstości występują tem wybitniej, im drobniejsze gwiazdy dostrzegamy przez lunetę. Zdarza się, że tuż obok miejsc nader gęstych, w których wszystkie gwiazdy z trudnością można policzyć,



występują miejsca, prawie całkowicie gwiazd pozbawione, prawdziwe „dziury w niebie“, według wyrażenia Herschla. Te kontrasty są szczególnie uderzające w samej drodze mlecznej. Ogólne wrażenie, jakie sprawia widok drogi mlecznej w silniejszych lunetach, jest takie „jakby ktoś garściami sypał piasek“. Ta kontrastowość w drodze mlecznej zresztą dostrzega się nawet gołym okiem.

Jeżeli już obraz rzeczywisty nieba bardzo oddala się od schematycznego obrazu, skonstruowanego na podstawie średnich gęstości, to rzeczywisty wygląd drogi mlecznej nie wykazuje prawie żadnego podobieństwa ze schematycznym pierścieniem, utworzonym z drobnych gwiazd. Nie posiada ona nigdzie wyraźnego ograniczenia, szerokość jej i jasność zmienia się w rozległych granicach, raz zupełnie się przerywa, a przez znaczną część swego przebiegu ciągnie się dwoma wyraźnie oddzielonemi pasami; w wielu miejscach oddzielają się od głównego pasa odnogi, które, słabnąc nieznacznie, zlewają się z otaczającym tłem nieba.

Opis dokładny drogi mlecznej, tak jak ją widzimy gołym okiem, jest rzeczą niemożliwą, gdy chodzi o wszystkie drobne szczegóły. To, co w krótkich słowach da się powiedzieć, kryje się prawie z najdawniejszym opisem drogi mlecznej, zamieszczonym już w *Almageście* Ptolomeusza.

Na półkuli północnej droga mleczna zbliża się najbardziej do bieguna północnego w Kasyopei, i tam szerokość jej nie przekracza 6°. Przechodząc do sąsiedniego gwiazdozbioru Perseusza, droga mleczna rozszerza się i staje się znacznie jaśniejszą. Około gwiazdy  $\epsilon$  Perseusza oddziela się wązka gałąź, sięgająca do Plejad i Hyjad w gwiazdozbiorze Byka. Następnie dosyć jeszcze słaba i wązka, przebiega droga mleczna gwiazdozbiór Woźnicy, nogi Bliźniąt i rogi Byka; potem, przecięwszy ekliptykę w miejscu, gdzie przypada letnie stanowisko słońca, obejmuje część gwiazdozbioru Oryona i dosięga Jednorożca na równiku. Od tego miejsca począwszy, wzmaga się szybko jasność drogi mlecznej. Jako zjawisko bardzo wybitne, wkracza ona do Okrętu Argo na półkuli południowej, i tu, w bliskości gwiazdy  $\gamma$  tego gwiazdozbioru, rozlewa się szeroko na niebie, tworząc przy 33° zbieżenia południowego wachlarz na 20 przeszło stopni szeroki. Wkrótce potem nagle się urywa, ale już niedaleko, przy gwieździe

λ Okrętu, acz znacznie węższa, ukazuje się na nowo. Zwężając się coraz bardziej, dosięga Krzyża południowego, gdzie szerokość jej jest najmniejszą i wynosi zaledwie 3 do 4 stopni. Jest to zarazem miejsce drogi mleczej, najbliższe bieguna południowego. Zaraz w sąsiedztwie, w nieco szerszym miejscu w gwiazdozbiorze Centaura, znajduje się czarna plama, zwana „workiem węgla“; jest to miejsce, w którym przeblyskuje zaledwie parę gwiazd na granicy widzialności gołym okiem, przez kontrast wyraźnie odznaczające się na jasnym tle drogi mleczej.

W bliskości gwiazdy α Centaura droga mleczna rozdwaja się i odtąd ciągnie się podwójnym pasem przez trzecią część nieba aż do gwiazdy ε Łabędzia. Część południowa przecina Ołtarz i ogon Niedźwiadka, a dalej, minawszy Strzelca, rozszerzona znacznie przechodzi przez Tarczę Sobieskiego, Węża, Orła, Strzałę, Jaszczurkę, i dosięga Łabędzia. Gałąź północna jest początkowo bardzo wązka w Wilku i Niedźwiadku, potem nieco rozszerzona zwraca się ku Wężownikowi, w którym się całkiem urywa; w Wężu ukazuje się na nowo i, przebiegłszy Orła i Lutnię, łączy się przy ε Łabędzia z częścią południową.

Po złączeniu się droga mleczna jest bardzo jasną, a w miejscu prawie najjaśniejszem, pomiędzy gwiazdami ε, α i γ Łabędzia, znajduje się ciemne miejsce, prawie tak samo wybitne, jak „worek węgla“ półkuli południowej. Następnie droga mleczna przechodzi do Cefeusza, gdzie znajduje się jeszcze jedno, nieco mniej wybitne, miejsce ciemne i gdzie oddziela się od niej słaba gałąź, sięgająca do Niedźwiedzicy małej, a dalej, zwężając się, wraca do Kasyopei, od której rozpoczęliśmy opis.

Już w tym opisie występuje pewna symetria drogi mleczej co do kształtu i jasności. Miejsca, w których droga mleczna jest najwęższą, w Kasyopei i Krzyżu południowym, leżą prawie dyametralnie naprzeciw siebie; są to przytem te części drogi mleczej, w których ona najbardziej zbliża się do biegunów świata. Trudno sobie wyobrazić, aby ta ostatnia okoliczność była czemś więcej, jak przypadkowym zbiegiem okoliczności. Odpowiadają tym wązkim częściom miejsca szerokie i jasne w punktach przeciwległych równika — w Strzelcu, Tarczy Sobieskiego i Orle z jednej strony, i w Jednorożcu z drugiej strony.

Najjaśniejsze miejsca drogi mleczej w ogóle, w Centau-



rze i Łabędziu znajdują się tam, gdzie rozdwojenie drogi mlecznej się zaczyna, oraz tam, gdzie się kończy, co niektórych badaczy naprowadziło na przypuszczenie, że w tych miejscach zachodzi krzyżowanie się dwóch oddzielnych pierścieni, które biegną obok siebie między Centaurem i Łabędziem. Dwa najczarniejsze miejsca drogi mlecznej, „worek węgla“ i plama w Łabędziu, przypadają w tych częściach najjaśniejszych również symetrycznie względem łuki w rozdwojonej drodze mlecznej. Symetrię podobną wykryć można jeszcze w wielu innych szczegółach, a znajduje się ona w niewątpliwym związku z budową i położeniem przestrzennym drogi mlecznej.

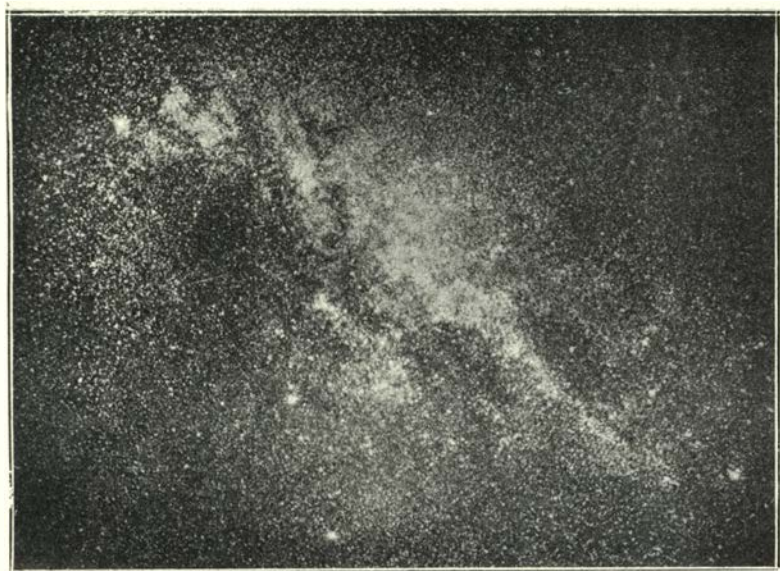


Fig. 1.

Cała nieskończona złożoność drogi mlecznej występuje dopiero przy obserwacjach teleskopowych, a utrwaloną została przez liczne zdjęcia fotograficzne, które wykazują prócz tego mnóstwo szczegółów, dla oka niedostępnych, i umożliwiają badania o wiele skrupulatniejsze, niż na to pozwalają bezpośrednio obserwacje z pomocą wielkich refraktorów, którymi zresztą rozporządzają tylko nieliczni wybrani. Kilka takich zdjęć charakterystycznych przytaczamy w reprodukcjach.

Fig. 1. przedstawia zdjęcie drogi mleczej między gwiazdozbiorami Kasyopei i Łabędzia przy bardzo małym powiększeniu, dokonane przez M. Wolfa. Ciemne miejsce u góry po lewej stronie jest to wspomniana poprzednio ciemna plama w Łabędziu. Ponad nią znajduje się jasna mgławica, pokryta mnóstwem gwiazd oddzielnych, a z kształtu przypominająca Amerykę północną. Tę mgławicę, zdjętą w znacznie większych

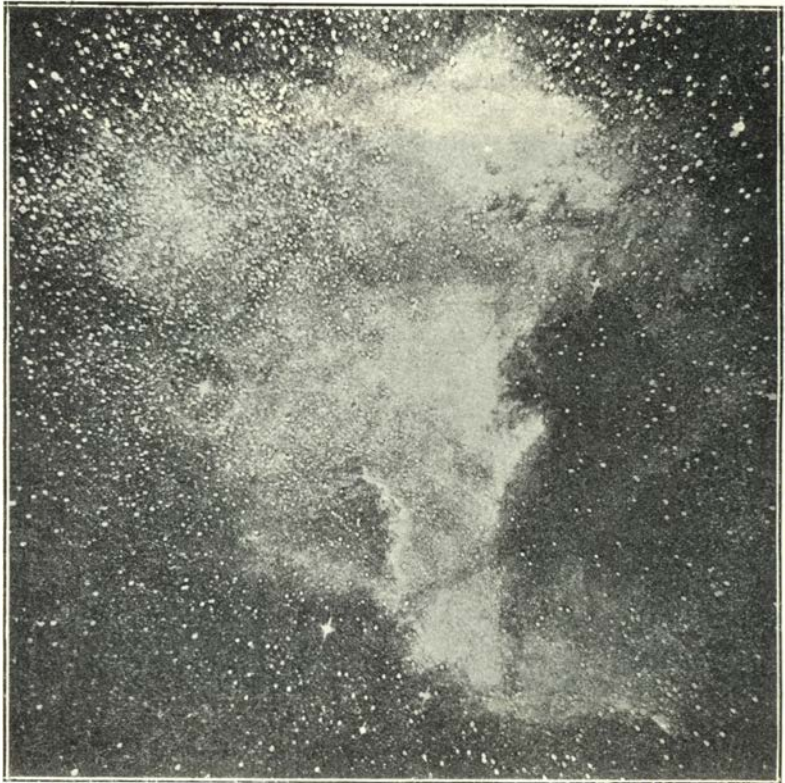


Fig. 2.

rozmiarach z pomocą 28-calowego reflektora przy  $2\frac{1}{2}$ -godzinnej ekspozycji, przedstawia fig. 2. Na fig. 1. dostrzedz można jeszcze wiele ciekawych szczegółów. Widzimy, jak na górnym brzegu po prawej stronie gwiazdy się zgęszczają, tworząc w końcu nieprzenikloną gęstwie, w postaci jasnej chmury.



Od tej chmury u dołu jakgdyby prąd gwiazd wdziera się w miejsce ciemne, przedzielając je na 2 części. Od tej z nich, która na rycinie znajduje się po lewej stronie, idzie ku górze ciemny kanał, który rozwidła się kilkakrotnie, a niedaleko górnego brzegu, prawie pod kątem prostym, oddziela się od niego odnoga, na której końcu znajduje się niewidzialna tu mgławica. Kanał ten i mgławicę w powiększeniu (4-godzinne wystawienie, 16-calowy refraktor) wyobraża fig. 3.

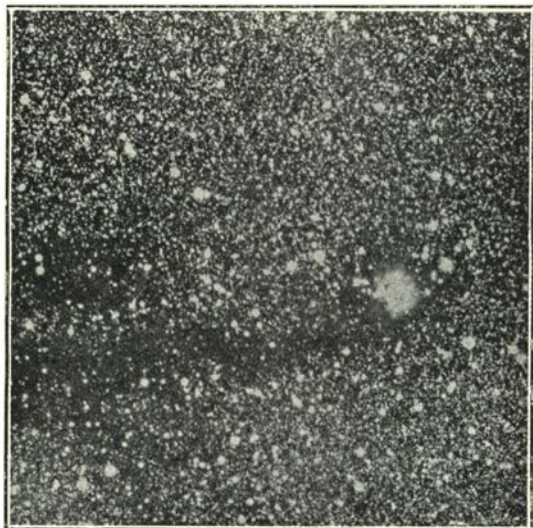


Fig. 3.

Aby wyjaśnić znaczenie takich ciemnych miejsc i kanałów, należy sobie uprzytomnić, iż jasne skupienia gwiazd przedstawiają zjawiska przestrzenne, że odległości wewnątrz takiego skupienia w głąb wynoszą z pewnością całe setki lat światła. Miejsca więc ciemne są to czeluście, sięgające w głąb równie daleko, a kanały — to jakby przerwy między dwoma oceanami gwiazdowymi, rozsuniętymi jakimiś cudownymi siłami. Kanały te są to utwory nader częste, a przegradzają one nie tylko skupienia gwiazdowe, lecz oddzielają też od siebie masy materii mglistej w wielkich mgławicach gazowych. Jako przykład niech służy mgławica zwana „Trifid nebula“, w gwiazdozbiorze Strzelca, przedstawiona na fig. 4. W sposób bardzo

prosty objaśnia się to zjawisko, jeżeli przypuścimy, że ciemne miejsca, a szczególnie kanały, nie są przerwami wśród gwiazd, lecz ciemną materią kosmiczną, snującą się na tle skupień gwiazdowych, i pochłaniającą idące od nich światło, t. j. zasłaniającą je przed nami. Hypotezę tę popiera fakt, że w podobnych postaciach występuje też jasna materia gwiazdowa w drodze mlecznej, a następnie, że ciemne miejsca często sąsiadują z jasnymi mgławicami, jakby tworząc ich przedłużenie. Kilka ilustracyj tego stanu rzeczy podamy później.



Fig. 4.

Przejdźmy do fig. 2., przedstawiającej wspomnianą wyżej mgławicę „Ameryka“. Wygląd jej nie pozostawia żadnej wątpliwości, że mamy tu do czynienia z utworem gazowym, gwiazdy, które na tle mgławicy widzimy, prawdopodobnie znajdują się bliżej. Charakterystyczne zjawisko sąsiedztwa jasnych miejsc z ciemnymi występuje tu bardzo wybitnie. Wrażenie jest takie, jakby nieliczne gwiazdy po prawej stronie rzucone były na tło ciemnej materii, która zasłania gwiazdy znajdujące się poza nią, gdy w miejscach przyległych występują one w ogromnej obfitości. A dalej odnosimy wrażenie potężnego ruchu materii, która zdaje się spiętrzać pod naporem wdzierających się z boku ciemnych mas. Szczególnie uderzającą jest jasna podłużna plama



u dołu po lewej stronie, a obok niej miejsce ciemniejsze; przypomina ten obraz falę morską, rozbijającą się o sterzącą z morza skałę.

Mgławica (fig. 3.), tkwiąca w końcu kanału, o którym była mowa przy fig. 1., nosi nazwę „kokona“, który swą postacią przypomina. Kanał ten przy końcu się rozszerza i w tem rozszerzeniu znajduje się mgławica. Trudno sobie wyobrazić, aby czeluść ciemna na wskroś niezliczonych warstw gwiazd, leżących jedna za drugą, utworzyła się na to, by mogła w niej ulokować się mała mgławica, która zdaje się mieć postać kulistą, a więc w głąb posiada zapewne nie większe rozmiary, jak średnica ku nam zwrócona. Być może, iż i tu ciemne otoczenie mgławicy



Fig. 5.

przypisać należy materii jeszcze nie świecącej tworzącej, brzeg koncentracji jasnej w częściach, bliższych środka, a sam kanał — to wązka odnoga wielkiego strumienia materii ciemnej, której główną część dostrzegamy w wielkiej ciemnej plamie Łabędzie, oraz dwóch mniejszych, widzialnych u dołu na fig. 1.

Fig. 5. przedstawia najjaśniejszą część rozdwojonej drogi mlecznej w Strzelcu i Tarczy Sobieskiego; jasna gwiazda u góry

po lewej stronie jest to Atair w Orle. Obok niej u góry znajduje się kanał w postaci litery E, przedstawiony w większych rozmiarach (28 refl., 3-godz ekspozycja) na fig. 6. Przerwa pomiędzy odnogami drogi mlecznej jest zapełniona niezliczonymi drobnymi gwiazdami oraz jasną materyą mglistą, która rozlana jest też pomiędzy gwiazdami obu odnóg. Lewa odnoga składa się z oddzielnych płatów jasnych, częściowo zachodzących na

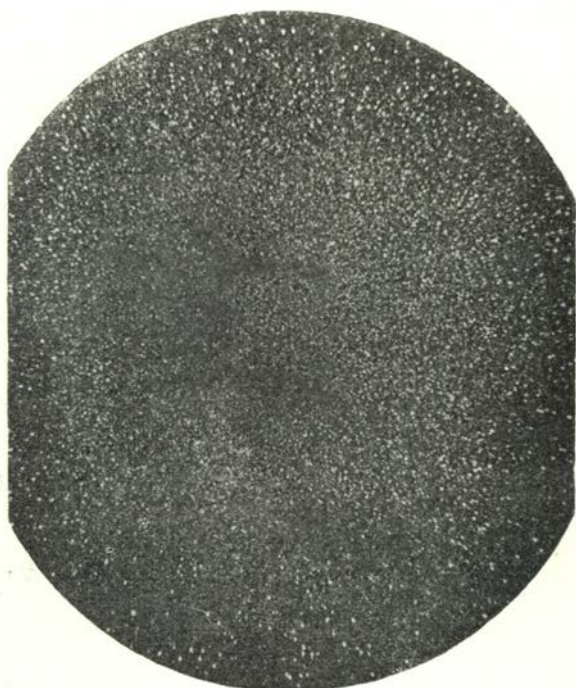


Fig. 6.

siebie i przedzielonych miejscami o słabszym blasku. Wszystkie te płaty są to skupienia drobnych gwiazd, o bardzo skomplikowanej budowie wewnętrznej; widać to na zdjęciach powiększonych, jakich przykładem są fig. 6. i 7. Lewa odnoga, jak widzimy, jest daleko jaśniejsza niż prawa, i z wyjątkiem części drogi mlecznej w Łabędziu, gdzie prawa odnoga jest jaśniejsza, widzimy stale, aż do połączenia się odnóg w Centaurze, tę przewagę jasności odnogi południowej.

Na fig. 6. i 7. przedstawione są 2 płaty z powyższej czę-



ści drogi mlecznej. Na pierwszej z nich widzimy skupienie gwiazd, zgęszczających się i malejących ku środkowi. Kanał w postaci litery E psuje rażąco symetrię całości. Tu hipoteza materii ciemnej ogromnie przemawia do przekonania; usuńmy tę materię, to otrzymamy całość niczem nie zasłoniętą, podobną do tej, jaką widzimy na fig. 7. Tembardziej wydaje się to prawdopodobnem, gdy przyjrzymy się zatartemu lewemu

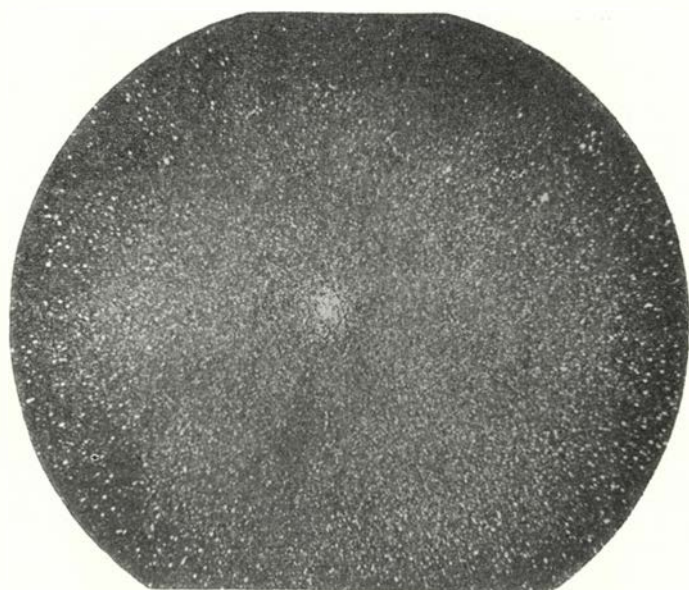


Fig. 7.

brzegowi kanału, z którym łączy się słabo świecąca mglista materia w nieznacznej odległości. Fig. 7. przedstawia płat, w którego środku tkwi gromada gwiazd M 11 Tarczy Sobieskiego. Mamy tu przykład, do jakiego stopnia w niektórych miejscach drogi mlecznej skupiają się gwiazdy. Tu przypada 100000 gwiazd na 1 stopień kwadratowy! Drobnie gwiazdy 14—18 wielkości stanowią tło, i widzimy tu znowu zmniejszanie się gwiazd ku środkowi skupienia. Gwiazdy gromadki, znajdujące się pośrodku, są przeważnie 10 i 11 wielkości i znajdują się w sprzeczności z ogólną tendencją zwiększania się gwiazd ku brzegom. Jeszcze różne motywy inne przemawiają za tem, że ta gromada, jak w ogóle jaśniejsze gwiazdy w tem

miejscu, są całkiem niezależne od znacznie odleglejszego podścieliska, utkanego z drobnego pyłku gwiazdowego.

Dwa bardzo charakterystyczne miejsca drogi mlecznej widzimy na rycinach 8. i 9. Pierwsze z tych miejsc znajduje się w Wężowniku i zwraca uwagę nader silnymi kontrastami; przejścia od miejsc prawie pustych do nadzwyczaj gęstych są całkiem nagłe, a wszystkie prawie gwiazdy w części jasnej są



Fig. 8.

jednakowej wielkości. W miejscach podobnych — a takich w drodze mlecznej znajduje się bardzo wiele — nie może być mowy o stosowaniu jakiegoś prawa wzrostu liczby gwiazd wraz z wielkością. W części środkowej niema śladu jakiegokolwiek materii mglistej między gwiazdami, natomiast dostrzedz ją można po lewej stronie obrazu u góry, i grupki jaśniejszych gwiazd,



tam się znajdujące, zdają się być pogrążonemi w mgławicach. Zdjęcie to otrzymane zostało przez Barnarda z pomocą 6-calowo soczewki przy  $3\frac{1}{2}$ -godzinnej ekspozycji. Fotografia, reprodukowana na fig. 9., przez tegoż badacza z pomocą tej samej soczewki otrzymana, przedstawia kawałek drogi mlecznej w Byku. Widzimy tu obok siebie jasną mglistą materię i ciemne smugi pozbawione gwiazd, które w wielu miejscach, n. p.

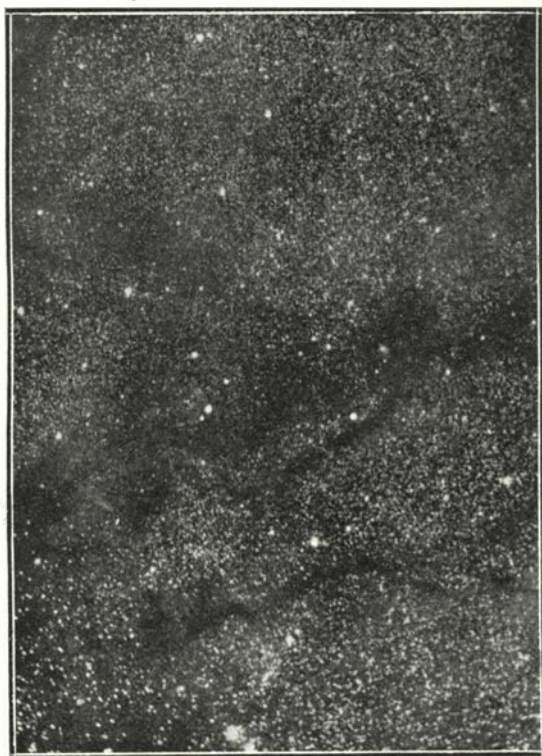


Fig. 9.

w dolnej części, wyraźnie łączą się ze sobą, a ciemne kanały są wyraźnie dalszym ciągiem równie szerokich kanałów jasnych.

Możnaby takich opisów przytoczyć bardzo wiele, ale podane przykłady wystarczają, aby dać pewne pojęcie o skomplikowanej budowie drogi mlecznej. Wszelkie liczby przeciętne i średnie gęstości nie mogą przy dokładniejszym badaniu drogi mle-

\*

cznej mieć znaczenia, ponieważ, jak widzieliśmy, nie jest ona prostym zbiorowiskiem gwiazd, lecz utworem, na którego budowę złożył się materiał o wiele bardziej różnorodny. Materiałem tym są, prócz gwiazd oddzielnych, skupienia gwiazdowe, pośród których bardzo częstym jest typ gromad kulistych, lub też do tego typu zbliżonych; zresztą większość tych skupień nie posiada jakiejś wybitnej typowej postaci. Dalej, materiałem tym są mgławice różnych postaci z kategorii gazowych. Są pomiędzy nimi twory, zajmujące przestrzeń niewielką i wybitnie odgraniczone od tła, na którym je widzimy, posiadające kształt stosunkowo prosty; inne przeświecają przez skupienia gwiazdowe, lub snują się między gwiazdami na ogromnych przestrzeniach nieba, szczególnie w gwiazdozbiorach Łabędzia, Cefeusza, Perseusza, Jednorozca, Niedźwiadka. Do tego wszystkiego przybywa, jako bardzo prawdopodobna, materia ciemna, przecinająca czarnymi kanałami rojowiska gwiazdne, lub też tworząca ciemne plamy, po za którymi świecą niedostępne dla naszych oczu gwiazdy.

Zresztą i gwiazdy same, nawet gdy nie są częściami jakichś większych skupień, grupować się zdają nie według przypadku lecz według jakichś nieznanych praw, szeregujących je wzdłuż linii o kształtach często bardzo fantastycznych w zawiłe arabeski; gdzieindziej znów dostrzegamy zwyczajne koła lub elipsy, a niekiedy pojedyncze lub też równoległe linie proste. Tuż obok miejsc o budowie rzadkiej, gruboziarnistej, często znajdujemy miejsca, zapełnione mikroskopijnym pyłem niezliczonych gwiazd, a przeważnie wszystko to spleta się razem w jakieś chaotyczne węzły, których rozwikłanie zdaje się przekraczać zdolność człowieka.

Na podstawie rozmieszczenia na niebie gwiazd różnych wielkości doszliśmy do wniosku, że układ gwiazdowy możemy podzielić na 2 odrębne części: wewnętrzną, do której należy słońce i przeważna część jaśniejszych gwiazd, prawdopodobnie do 11 lub 12 wielkości, oraz z okalającego ją pierścienia, złożonego przeważnie z gwiazd drobniejszych, który w głównej mierze wywołuje zjawisko drogi mlecznej.

Chcąc dokładniej zbadać rozmieszczenie gwiazd w części wewnętrznej oraz poznać lepiej charakterystyczne cechy budowy pierścienia, należy obie te części oddzielić od siebie, t. j.



z jednej strony uprzytomnić sobie, jaki obraz przedstawiałoby niebo, gdyby usunąć z niego wszystkie te gwiazdy, mgławice i t. d., które należą do zewnętrznego pierścienia, z drugiej zaś strony, skonstruować obraz drogi mlecznej, niesfalszowany gwiazdami części wewnętrznej, które widzimy z ziemi na tle pasa galaktycznego.

Segregacja taka jest połączona z licznymi trudnościami i tylko w ograniczonych rozmiarach da się przeprowadzić; zresztą oprócz ją można na bardzo rozmaitych danych obserwacyjnych. Więc przedewszystkiem jest rzeczą wiadomą, iż pewne rodzaje gwiazd znajdujemy zawsze tylko w granicach pasa galaktycznego — te zatem z pewnością są utworami, właściwymi tylko części zewnętrznej. Do takich należą wszystkie te gwiazdy, których widma charakteryzują się jasnymi liniami emisyjnymi. Najjaśniejszą ich przedstawicielką jest gwiazda  $\gamma$  Okrętu Argo 3-ej wielkości, a zresztą są to wszystko gwiazdy mniejsze; ze znanych 91 gwiazd tego rodzaju przeważna część są to gwiazdy 7 do 10 wielkości. Bądź co bądź widzimy, że jeżeli w ogólności gwiazdy jaśniejsze należy uważać za bliższe, to  $\gamma$  Argo jest przykładem gwiazdy jasnej, która niewątpliwie znajduje się w olbrzymiej odległości od nas, w zewnętrznym pierścieniu układu. Nieco mniej jasnymi, do których wszakże ta sama uwaga się stosuje, są gwiazdy  $\delta$  i  $\mu$  Centaura,  $\pi$  Wodnika,  $\vartheta$  Muchy i wogóle wszystkie jaśniejsze gwiazdy tej kategorii. Należy tu zaznaczyć szczególnie ciekawy, że gwiazdy te nie są rozrzucone w drodze mlecznej w sposób mniej więcej równomierny, lecz zgromadzone są w dwóch przeciwległych częściach drogi mlecznej, które rozpoczynają się w miejscu połączenia dwóch rozgałęzień drogi mlecznej w Łabędziu i Centaurze. Łączność tych gwiazd z naturą drogi mlecznej stwierdza fakt, że pewna liczba ich występuje poza drogę mleczną tylko w t. z. Obłokach Magellana, które pod względem budowy są identyczne z drogą mleczną.

Wszystkie prawie t. zw. gwiazdy nowe (znane są tylko 3 wyjątki) ukazują się w granicach pasa galaktycznego, a więc też należą do zjawisk, właściwych części zewnętrznej układu gwiazdowego. Znaczy to, iż zagasłe gwiazdy, które i w bliższych nam okolicach układu z pewnością nie mniej są liczne, tylko w części zewnętrznej układu znajdują się w warunkach, które po-

zwalają im na nowo na pewien czas zabłysnąć. I znowu wspomniane poprzednio dwa przeciwległe miejsca drogi mlecznej, w których gromadzą się gwiazdy z liniami jasnymi w widmach, są uprzywilejowanym rejonem gwiazd nowych, gdyż wszystkie, z wyjątkiem jednej, tam się ukazywały.

Tak gwiazdy typu  $\gamma$  Okrętu, jak i gwiazdy nowe, posiadają bardzo mały ruch własny, przeciętnie nie przekraczający  $0''.1$  na rok; wskazuje to na ich wielką odległość od nas. Z drugiej strony, według współczesnych naszych poglądów, gwiazdy, charakteryzujące się widmami z jasnymi liniami, posiadają najgorętsze atmosfery. Być może, że zachodzi jakiś związek pomiędzy temperaturą gwiazd a ich odległością, a więc też położeniem ich w stosunku do drogi mlecznej. Jeżeli za podstawę oceny odległości przyjmiemy ruch własny, to przypuszczenie powyższe znajduje uzasadnienie w wynikach statystycznych.

Jako z kolei najgorętsze gwiazdy, uważane są te, w których widmach niema już linii jasnych, ale prążki absorbcyjne metali są bardzo słabe i wąskie. Typem takich gwiazd jest Wega ( $\alpha$  Lutni). Średnia szybkość tych gwiazd jest większa, aniżeli grupy poprzedniej, ale mniejsza niż szybkość gwiazd chłodniejszych (Monck, Kapteyn). W rozmieszczeniu tych gwiazd na niebie widzimy różnice, zależne od wielkości. Jeżeli weźmiemy pod uwagę najjaśniejsze gwiazdy tego typu aż do 6-ej wielkości, to nie mają one większej tendencji skupiania się ku drodze mlecznej, jak gwiazdy tych wielkości w ogóle, gwiazdy zaś drobniejsze skupiają się przeważnie w drodze mlecznej. Z czasu ekspozycji, potrzebnego do ukazania się na kliszy gwiazd różnych typów, wywnioskował Kapteyn, że przeważna część gwiazd drogi mlecznej należy do kategorii białych. One to stanowią główną masę mrowia gwiazdowego, z którego utworzone są skupienia pierścienia zewnętrznego. Tylko najjaśniejsze gwiazdy tego typu, aż do 6 wielkości włącznie, należą do części wewnętrznej układu, a z gwiazd coraz drobniejszych coraz większy procent przypada na pierścień zewnętrzny. Widzimy więc, że znajdują się tam olbrzymie słońca, które z tak olbrzymich odległości widziane być mogą przez nas, jako gwiazdy 7-ej wielkości. Naturalnie nie dorównują one rozmiarami n. p. wymienionej poprzednio  $\gamma$  Argo.



Przejdźmy teraz do gwiazd żółtych, t. j. do tych, których typem jest nasze słońce. Widma tych gwiazd charakteryzują się bardzo licznymi i silnymi liniami metali, i świadczą o stosunkowo niskiej temperaturze ich atmosfer. Gwiazdy te średnio wykazują ruch własny daleko znaczniejszy, niż gwiazdy gorętsze, a więc są znacznie bliżej nas, niż te ostatnie. Z gwiazd, mających roczny ruch własny  $1''.5$ , należy do typu słońca 17 razy tyle, co wszystkich innych razem; stosunek ten coraz bardziej maleje przy szybkościach mniejszych, a przy szybkości  $0''.2$  gwiazdy żółte stanowią połowę. Pośród gwiazd o małej szybkości niema prawie wcale gwiazd żółtych. Wnioskujemy stąd, że pośród słońc najbliższych znaczna większość znajduje się w tej samej fazie ewolucji co nasze słońce. Wraz ze wzrostem odległości rośnie też liczba słońc gorętszych.

Opierając się na tych wynikach, można z gwiazd drogi mlecznej wydzielić, jako należące do części wewnętrznej, wszystkie, z nielicznymi wyjątkami, gwiazdy typu słońca, z gwiazd białych zaś te, które należą do pierwszych 6 wielkości. Z drobniejszych gwiazd białych tem mniejszy procent należy do części wewnętrznej, im gwiazdy są mniejsze; ale zdaje się, że procent ten jest jeszcze bardzo duży nawet u gwiazd wielkości 11-ej, a pośród gwiazd pierwszych 9 wielkości domieszka gwiazd pierścienia wydaje się prawie znikomą. Wniosek ten wypływa ze szczegółowych studyów lokalnych nad prawem wzrostu liczby gwiazd wraz z wielkością w różnych częściach nieba.

Jeżeli na niebie widzimy lokalne skupienia jasnych gwiazd, to zachodzi prawdopodobieństwo, iż te gwiazdy i w przestrzeni znajdują się w stosunkowo niewielkich od siebie odległościach. Ale w granicach tej grupy gwiazd jasnych widać na niebie jeszcze wiele innych gwiazd drobnych, których liczba zawsze jest bardzo wielką, i zachodzi pytanie, czy te drobne gwiazdy do tej samej grupy przestrzennej należą. Rozstrzyga w takich razach istnienie stałego prawa wzrostu liczby gwiazd wraz z wielkością. Prawdopodobieństwo tylko czysto perspektywicznej bliskości przy istnieniu takiego prawa jest bardzo małe; z drugiej zaś strony niema żadnej podstawy przypuszczenie, iż należą do jednej grupy przestrzennej gwiazdy jasne i drobne, gdy we wzroście liczby coraz drobniejszych gwiazd niema ża-

dnej prawidłowości. Tak na przykład wiemy, że Plejady tworzą izolowaną grupę przestrzenną; ale tworzą ją tylko jaśniejsze gwiazdy Plejad, drobne zaś gwiazdy nie wykazują z większymi innej łączności, jak tylko tę, że przypadkowo przypadają od nas mniej więcej w tym samym kierunku. To samo możemy powiedzieć o gwiazdach Oryona, Warkocza Bereniki, grupie gwiazd w kleszczu Raka i t. p.

W sposób podobny i w drodze mlecznej można badać, czy między gwiazdami jasnymi i drobnymi, stojącymi obok siebie, zachodzi związek przestrzenny, czy nie. Jeżeli weźmiemy pod uwagę gwiazdy katalogu Argelander'a, to w wielu miejscach spostrzegamy bardzo wybitne skupianie się tych gwiazd na niebie, i w takich skupieniach wzrost liczby gwiazd wraz z wielkością bywa niekiedy o wiele szybszy, niż przeciętnie. Tak np. bardzo skupione są te gwiazdy w pasie nieba ku południowi od gwiazdozbioru Bliźniąt, pomiędzy 6 a 7 godziną wznoszenia prostego; stosunek gwiazd dosięga tam liczby 6, zamiast przeciętnej 3.9, tak że gwiazd 9-ej wielkości jest tam 200 razy tyle, co gwiazd 6-ej wielkości. Pomimo to droga mleczna w tym miejscu wcale jasnością się nie odznacza. W ogóle pomiędzy jasnością drogi mlecznej a skupieniami gwiazd jaśniejszych niema łączności, z czego wynika, iż nie od nich jasność drogi mlecznej pochodzi. W rozmieszczeniu gwiazd do 9.5 wielkości nie występuje zupełnie rozdzielenie, tak wybitne w drodze mlecznej, dopiero w rozmieszczeniu gwiazd 11 wielkości dosyć wyraźnie się zaznacza. Procent gwiazd 11 wielkości w pierścieniu drogi mlecznej jest więc już tak znaczny, że liczba ich, w stosunku do gwiazd wewnętrznych tej samej wielkości, przedstawia znaczny ułamek.

Jasność swą droga mleczna zawdzięcza w głównej mierze bardzo drobnym gwiazdom teleskopowym. Na 33 najjaśniejszych miejsc drogi mlecznej, wybranych przez Houzeau'a, tylko 2 schodzą się z miejscami gęstych skupień gwiazd katalogu Argelander'a. Jedno z nich znajduje się w Perseuszu, gdzie dwie gromady  $\eta$  i  $\chi$  Perseusza, złożone z mnóstwa gwiazd jaśniejszych, powodują lokalne maximum gęstości; drugie takie miejsce przypada w Łabędziu, ale i to maximum lokalne, jak zobaczymy później, nie znajduje się bynajmniej w związku z chmurami gwiazdnymi drogi mlecznej, napełniającymi gwiazdozbiór Łabędzia. I w tych dwóch za-



tem wypadkach, gdzie zachodzi zgodność pomiędzy jaśniejszemi gwiazdami i drogą mleczną, zgodność ta jest tylko przypadkowa.

Jakkolwiek więc całkowite oddzielenie gwiazd wewnętrznych od zewnętrznych, widzialnych w kierunku pasa galaktycznego, z zupełną dokładnością dokonać się nie da, to przecież, po uwzględnieniu szeregu kryterjów, z których niektóre wyżej zaznaczyliśmy, bardzo wiele w tym kierunku zrobić można. Gdy chodzi o wyniki ogólne, wystarczy takie oddzielenie przybliżone. Ograniczając się n. p. do gwiazd katalogu Argelander'a, powiedzieć możemy, że rozmieszczenie ich na niebie da nam w przybliżeniu ten sam obraz, jakibyśmy otrzymali, usunąwszy całkowicie zewnętrzny pierścień gwiazd, z drugiej strony usunięcie wszystkich gwiazd do 9-ej wielkości z nieba nie wpłynęłoby prawie zupełnie na wygląd drogi mleczej.

Możemy więc niezależnie od siebie badać budowę drogi mleczej oraz rozmieszczenie gwiazd wewnątrz tej przestrzeni, która rozciąga się we wszystkich kierunkach od nas aż do średniej odległości gwiazd 9-ej wielkości.

Co do zewnętrznego pierścienia, to złożoność jego budowy wyklucza chwilowo możliwość dokładnego jej zbadania. Niektóre wszakże wnioski posiadają znaczny stopień prawdopodobieństwa. Nie możemy przypuścić, ażeby słońce nasze wraz z naszą planetą zajmowało w układzie gwiazdowym uprzywilejowane położenie środkowe; jest rzeczą daleko prawdopodobniejszą, że układ gwiazdowy w jednych kierunkach rozciąga się dalej, niż w innych. W ogólności przypuszczać możemy, że w tych kierunkach, w których droga mleczna wydaje się najwęższą i najślabszą, część zewnętrzna układu najbardziej jest od nas oddaloną, przeciwnie zaś, najbliżej znajdujemy się tej części tam, gdzie droga mleczna wydaje się najszerszą i najjaśniejszą. Ale budowa drogi mleczej jest bardzo niejednorodną. Miejsca o budowie gruboziarnistej spotykamy wszędzie obok skupień gwiazd najdrobniejszych, lub też razem pomieszane ze sobą, co przemawia za tem, że różne części drogi mleczej, nawet w tych samych kierunkach przypadające, odległe są od nas rozmaicie. Nie zgadza się to z pojęciem pojedynczego pierścienia gwiazdowego, otaczającego nas, przy położeniu słońca środkowem czy też ekscentrycznem.

Wynika stąd konieczność szukania bardziej skomplikowanej postaci układu. Pomiedzy Centaurem i Łabędziem droga

mleczna przebiega dwoma strumieniami na przestrzeni  $120^{\circ}$ . Dla objaśnienia tego faktu koniecznym byłoby przyjęcie przynajmniej jeszcze jednego pierścienia; miejsca przecięcia się tych dwóch pierścieni musiałyby być najjaśniejszymi w drodze mlecznej. Tak jest w istocie. Ale części pozostałe drogi mlecznej nie wykazują istnienia takich dwóch pasm jasnych obok siebie, ani w budowie swej nie wykazują tej prostoty, której wymagałoby przyjęcie tej hipotezy.



Fig. 10.

Szukając w świecie gwiazd postaci, która najbardziej dawałaby się pogodzić ze skomplikowaną budową drogi mlecznej, natrafiamy na t. z. mgławice spiralne. Są to, jak wynika z badań widmowych, bardzo odległe zbiorowiska gwiazd, widmo ich bowiem jest ciągłe, a nie liniowe, jakiem charakteryzują się mgławice gazowe. Jak stwierdzają dokładniejsze badania postaci gromad gwiazdowych nierozdzielnych, szczególnie z pomocą fotografii, postać spiralna występuje tu bardzo często, jest, można prawie powiedzieć, dla nich typową. Jako przy-



kład niechaj służyć załączone dwie reprodukcje, z których jedna (fig. 10.) przedstawia mgławicę spiralną w Niedźwiedzi wielkiej M 101, której płaszczyzna jest prostopadłą do promienia widzenia, druga zaś (fig. 11.) — wielką mgławicę



Fig. 11.

w Andromedzie, której zwoje spiralne tworzą z promieniem widzenia kąt około  $30^{\circ}$ .

Na tej analogii z postaciami gromad nierozdzielnych oparł swe badania drogi mlecznej Easton. W gwiazdozbiorze Ła-

będzia droga mleczna jest nie tylko bardzo szeroką i wspa-  
niałą, ale i gwiazdy jasne występują tam w większej ilości,  
niż gdziekolwiek indziej. Chociaż więc większość tych gwiazd  
należy z pewnością do części wewnętrznej układu, to jest rzeczą  
prawdopodobną, że dużo z nich, szczególnie gwiazdy białe, po-  
cząwszy od wielkości 6-ej, należy do właściwej drogi mlecznej.  
Jeżeli tak jest w istocie, to drogę mleczną w tym kierunku  
należy uważać za najbliższą. Otóż tę część najbliższą uważa  
Easton za część środkową wielkiego spiralnego układu gwia-  
zdowego, od którego kilkoma olbrzymimi spiralami rozchodzą  
się formacje gwiazdowe drogi mlecznej, opasujące nasze niebo.

Zwoje te przypadają w płaszczyznach, tylko nieznacznie  
do siebie nachylonych, zresztą różnią się między sobą długo-  
ścią, kształtem i gęstością rozmieszczenia w nich gwiazd. Za-  
leżnie od tego, czy zwoje te położone są tak, iż patrzymy  
wzdłuż nich, czy pod pewnym kątem lub też prostopadle  
do ich przebiegu, a dalej, czy promień widzenia przechodzi  
przez jeden tylko zwój, czy też napotyka na swej drodze większą  
liczbę zwojów, przebiegających w różnych od nas odległościach,  
wreszcie czy zwoje te nakrywają się wzajemnie, czy też od-  
chylają się od siebie — droga mleczna, jako wypadkowy rzut  
tych wszystkich zwojów na pozorne sklepienie niebieskie, przed-  
stawiać nam może wszystkie te skomplikowane szczegóły, które  
w istocie dostrzegamy.

Easton, który nadzwyczaj gruntownie i wszechstronnie  
studytował zjawisko drogi mlecznej, w swej konstrukcyi spi-  
ralnej znalazł w istocie postać, która z obserwacją nie tylko  
w ogólnych zarysach ale nawet w wielu szczegółach się zga-  
dza. Postać tę w schemacie przedstawia fig. 12. Pomimo to  
hypoteza ta nie zadawała nas w zupełności. Jest to bowiem  
hypoteza tak elastyczna, że można nią objaśnić wszystkie szcze-  
góły drogi mlecznej nie przez jeden tylko jakiś szczególny  
dobór elementów zmiennych, których jest w tej hypotezie bar-  
dzo wiele (położenie zwojów, długość ich, gęstość gwiazd, sze-  
rokość etc.), ale przez nieskończenie różnorodne ich kombino-  
wanie. Podstawę trwałą mogłaby ona uzyskać dopiero przez  
uzasadnienie dynamiczne, ale na to długo jeszcze poczekać wy-  
padnie.

Nie mamy też dzisiaj żadnych podstaw do określenia sto-



sunku, jaki zachodzi pomiędzy gwiazdami naszego układu a nierozdzielnymi gromadami spiralnymi. Przypuszczenie, że gromady te są utworami kosmicznymi tego samego rzędu, co nasz układ gwiazdowy, a więc poza granicami tego układu w dalekich przestrzeniach leżącymi, ma w sobie wiele tajemniczego uroku. Wydaje się jednak rzeczą wątpliwą, czy z tak wielkich odległości, któreby przyjąć należało, wynoszących dziesiątki a może i setki

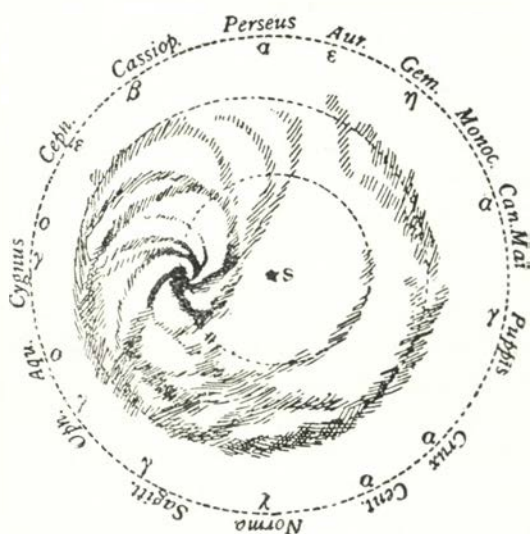


Fig. 12.

tysięcy lat światła, utwory takie w ogóle mogłyby jeszcze przez nas być widziane. Trzebaby chyba przypuścić, że słońca tych układów są olbrzymami wyższego rzędu, aniżeli słońca naszej wyspy gwiazdowej.

Zobaczymy teraz, jak przedstawiają się wyniki badań nad rozmieszczeniem gwiazd w części wewnętrznej naszego układu, t. j. w granicach, określonych przez średnią odległość gwiazd 9—10 wielkości. Materiał, na którym takie badania oprzeć się mogą, jest stosunkowo dosyć ścisły, ponieważ główną jego część stanowi około 700000 gwiazd całego nieba, objętych katalogami. Opracowanie takiego materiału, przy dostatecznym podziale pracy, nie przekracza też sił ludzkich. Materiał ten opracowywany był wielokrotnie z rozmaitych punktów widzenia;

szczególnie prace Seeliger'a, a w ostatnich czasach Stratonowa, o których obszerniej będzie mowa, zasługują na podniesienie.

Niektóre wnioski, wynikające z tych opracowań, podane były w różnych częściach tego artykułu. Niezależnie od prac i zestawień katalogowych, już John Herschel, a później Gould zwrócili uwagę, że istnieje pas nieba, w którym zgromadzona jest wielka liczba gwiazd najświetniejszych. Pas ten, zwany „drogą gwiazdową“ dla odróżnienia od drogi mlecznej, tworzy również zamknięte koło na niebie, którego położenie schodzi się tylko w przybliżeniu z ogólnym przebiegiem drogi mlecznej. Z równikiem galaktycznym droga gwiazdowa tworzy kąt  $25^{\circ}$  i przecina się z nim w Krzyżu południowym ( $\alpha = 12^{\text{h}}50^{\text{m}}$ ,  $\delta = -60^{\circ}$ ) i w Kasyopei ( $\alpha = 0^{\text{h}}50^{\text{m}}$ ,  $\delta = +60^{\circ}$ , t. j. w tych miejscach, w których droga mleczna najbardziej zbliża się do biegunów świata. Środek między tymi węzłami zajmują na północy Plejady, na południowej półkuli zaś gwiazdozbiór Niedźwiadka.

Obejmuje ta droga gwiazdowa, poczynając od Kasyopei, najjaśniejsze gwiazdy Byka, Oryona, Psa wielkiego, Gołębia, Okrętu Argo, Krzyża południowego, Centaura, Wilka, Niedźwiadka, Wężownika, Lutni i Cefeusza. Z gwiazd 1-ej wielkości w granicach drogi gwiazdowej, której szerokość wynosi  $20^{\circ}$ , przypadają następujące: Aldebaran, Rigel, Betelgeuze, Syrysz, Canopus,  $\alpha$  Krzyża,  $\alpha$  i  $\beta$  Centaura, Antares, Atair i Wega. Na 20 wszystkich gwiazd 1-ej wielkości w pasie tym, który obejmuje zaledwie szóstą część nieba, przypada 11, gdy przy rozmieszczeniu równomiernem powinnyby ich przypaść tylko 3. Średnia częstość występowania gwiazd 1 wielkości w tym pasie jest 8 razy większą, niż w pozostałych częściach nieba.

Badając rozmieszczenie gwiazd pierwszych 4 wielkości na niebie, okazuje się, że grupują się one bardziej symetrycznie względem pasa drogi gwiazdowej, aniżeli względem równika galaktycznego. Wynioskował stąd Gould, że najbliższe gwiazdy, w liczbie około 400, wraz ze słońcem tworzą lokalną płaską gromadę, rozciągającą się w płaszczyźnie drogi gwiazdowej.

Więcej światła na tę sprawę rzucają obszerne i szczegółowe badania Stratonowa. Opierają się one na rozumowaniu następującem. Ponieważ odległość średnia gwiazd jaśniejszych jest mniejsza, niż gwiazd drobniejszych, więc, biorąc pod uwagę



gwiazdy jednej jakiejś wielkości, przyjąć musimy, że różnice odległości znacznej większości tych gwiazd zawarte są w niewielkich granicach, zależnych od różnicy rzeczywistych rozmiarów. Jeżeli więc, badając rozmieszczenie gwiazd jednakowo jasnych na niebie, stwierdzimy, że w pewnej części nieba gwiazdy te skupiają się bardziej niż w innych, to część ta określa też kierunek, w którym te gwiazdy i przestrzennie bardziej są skupione. Jeżeli także i gwiazdy następnej wielkości skupiają się w tej samej części nieba, to wnioskować możemy, że skupienie ich przestrzenne jest dalszym ciągiem poprzednio stwierdzonego, t. j. że rozciąga się ono w określonym kierunku w granicach różnicy średniej odległości gwiazd dwóch branych pod uwagę klas jasności. Jeżeli zaś gwiazdy drobniejsze nie wykazują skupienia w tem samym miejscu nieba, co gwiazdy jaśniejsze, to skupienie przestrzenne nie sięga do średniej odległości owych drobniejszych gwiazd.

Zgodnie z tą myślą Stratonow zbadał rozmieszczenie wszystkich gwiazd katalogu Argelander'a dla półkuli północnej oraz katalogu „Cape Photographic Durchmusterung“ dla półkuli południowej. Dla każdej  $\frac{1}{2}$  wielkości oddzielnie, poczynawszy od 6-ej, wyniki statystyki przedstawione są na oddzielnych hemisferach, które dają podstawę do bardzo ciekawych wniosków.

Weźmy na przykład pod uwagę rozmieszczenie gwiazd pierwszych 6 wielkości na półkuli północnej. Tabl. I. daje nam o niem bardzo dokładne wyobrażenie. Przedstawia ona rzut północnej półkuli nieba na płaszczyznę równika świata, środek jej zajmuje biegun północny świata. Podzielona jest ona równoleżnikami i rzutami kół godzinnych na części, w których liczby oznaczają średnią gęstość, t. j. przeciętną liczbę gwiazd w danym kawałku, przypadającą na 1 stopień kwadratowy. Średnia gęstość całej półkuli wyrażona jest przez 10; liczba więc, mniejsza niż 10, oznacza, że gęstość w danym kawałku jest mniejszą niż średnia. Są to wszystkie miejsca białe. Miejsca z gęstością większą niż średnia, są oznaczone barwą niebieską, z trzema odcieniami, odpowiadającymi gęstości średniej ponad 10, ponad 15 i ponad 20.

Grubsza linia czerwona przedstawia równik galaktyczny, cieńsze zaś — równoleżniki galaktyczne. Czerwone punkty i gwiazdki są to jaśniejsze gwiazdy, załączone dla łatwiejszej

orientacji. Wreszcie punktowane linie niebieskie oznaczają te miejsca nieba, w których gęstość gwiazd jest najmniejszą.

Widzimy z tej mapki, że równik galaktyczny przechodzi przeważnie przez miejsca o gęstości większej, niż średnia, miejsca zaś najmniej gęste są dosyć daleko od niego, ale też w dosyć znacznej odległości od bieguna galaktycznego; tuż przy samym biegunie znajduje się miejsce, w którym gęstość wynosi  $14\frac{1}{2}$ , a więc znacznie więcej, niż średnia gęstość całej półkuli.

W ogóle rozmieszczenie gęstości jest dosyć nieregularne. Wybitnie występują dwa maxima gęstości. Jedno znajduje się w gwiazdozbiorze Łabędzia ze środkiem niedaleko gwiazdy  $\alpha$  tego gwiazdozbioru; kondensacya ta sięga, rzednąc w miarę oddalania się od środka, z jednej strony do Kasyopei, a z drugiej do gwiazd Orła. Drugie maximum przypada w gwiazdozbiorze Byka i otacza Plejady.

Wnioskujemy stąd, że gwiazdy aż do 6-ej wielkości włącznie, w przestrzeni skupiają się głównie w dwóch kierunkach, określonych na niebie przez gwiazdozbiory Łabędzia i Byka. Ale jak daleko oba te skupienia ciągną się w przestrzeń? Pod tym względem zachodzi pomiędzy nimi wybitna różnica, która wynika z porównania mapki na tabl. I. z innymi podobnymi mapkami, ilustrującymi rozmieszczenie na niebie kolejno gwiazd 6.5, 7, 7.5 i t. d. wielkości. Otóż druga z tych kondensacyj staje się już mniej wybitną dla gwiazd 6.5 wielkości, maximum gęstości spada a z 22 na 16, a dla gwiazd wielkości 7 znika ona już zupełnie. Znaczy to, że skupienie to w przestrzeni w kierunku Byka sięga co najwyżej do średniej odległości gwiazd 7 wielkości, t. j. 25 jednostek gwiazdowych, według poprzednio podanych liczb.

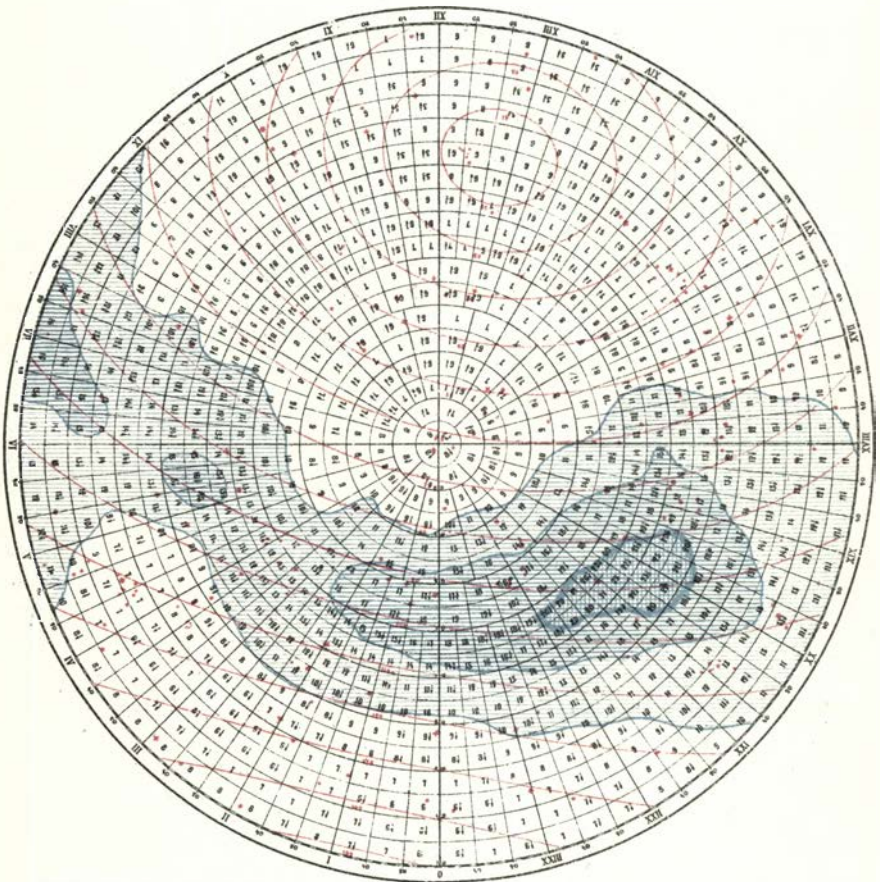
Całkiem odmiennie zachowuje się kondensacya pierwsza. Występuje ona wybitnie w rozmieszczeniu gwiazd wszystkich wielkości aż do 9-ej, jak również w rozmieszczeniu wszystkich gwiazd pierwszych 9 wielkości. To ostatnie przedstawione jest na tabl. II. Znaczy to, iż skupienie to sięga aż do średniej odległości gwiazd 9 w., a prawdopodobnie jeszcze znacznie dalej.

Obok tej głównej kondensacyi widzimy jeszcze inną mniej wybitną, mającą środek w Woźnicy. W rozmieszczeniu gwiazd najjaśniejszych aż do 7 wielkości niema jeszcze żadnych jej śladów; dostrzegamy ją dopiero u gwiazd 7.5 wielkości, a naj-





Tabl. II.

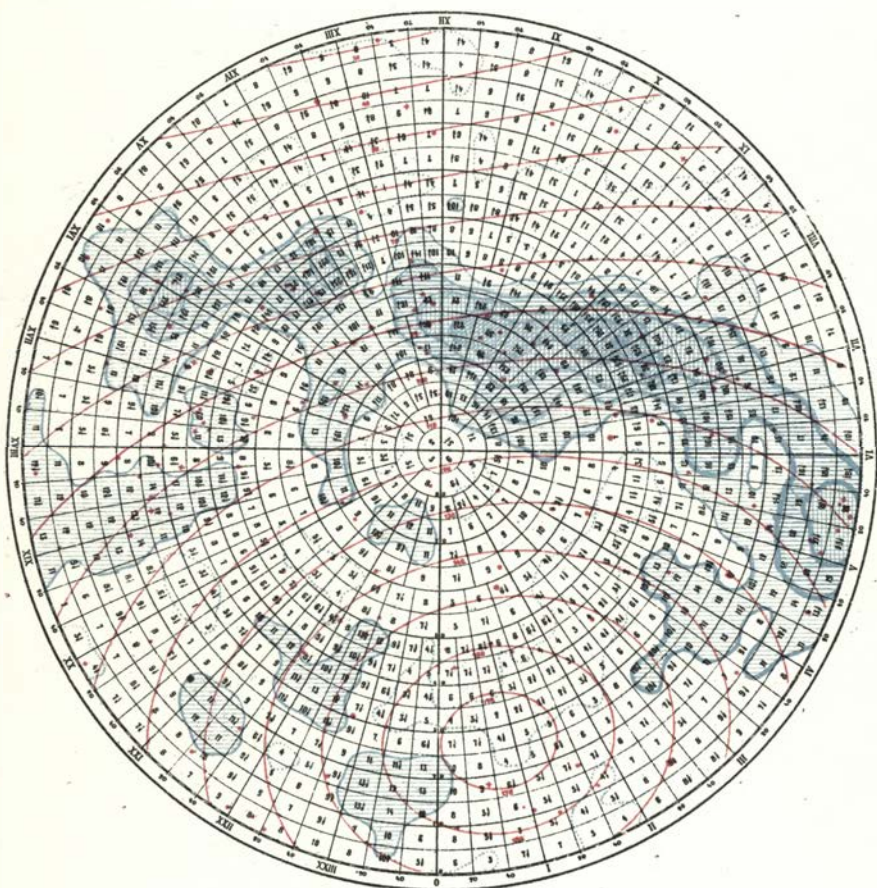


Rozmieszczenie gwiazd 1 do 9 wielkości na półkuli północnej





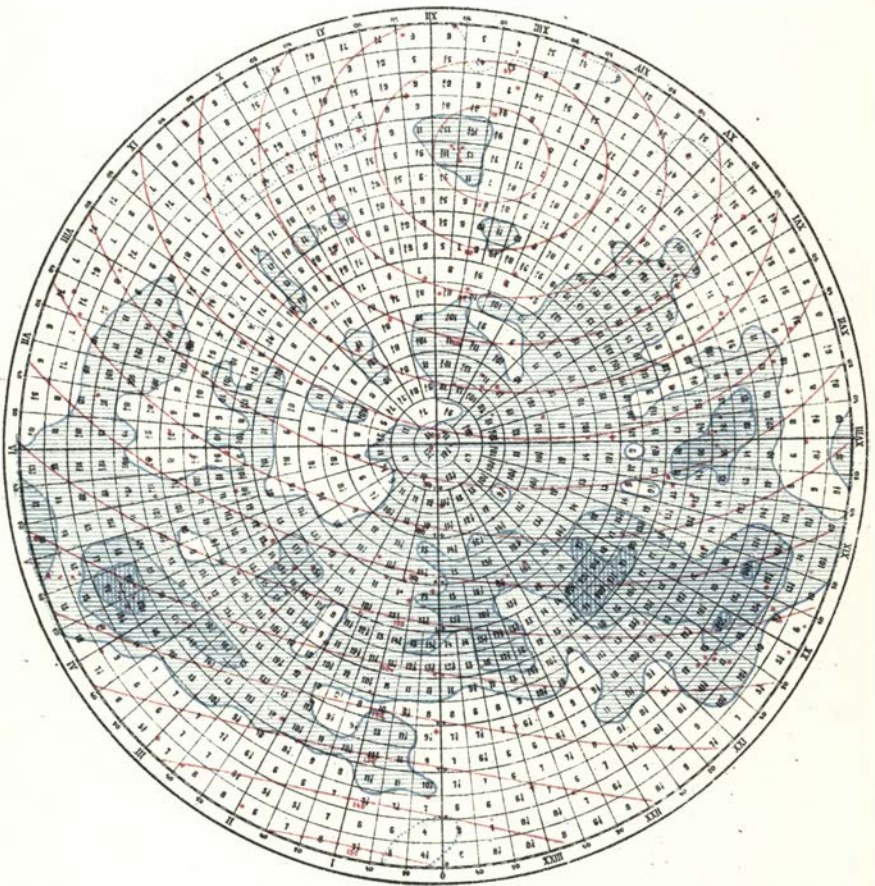
Tabl. III.



Rozmieszczenie gwiazd widzialnych gołym okiem na półkuli południowej



Tabl.I.



Rozmieszczenie gwiazd widzialnych gołym okiem na półkuli północnej



wybitniejszą jest u gwiazd 8.5 wielkości. Możemy ją więc uważać za izolowaną gromadę przestrzenną, która rozciąga się w granicach pomiędzy średnimi odległościami gwiazd 7.5 i 9.5 wielkości, t. j. w odległości pomiędzy 20 a 50 jednostkami gwiazdowymi. Gdyby ta gromada rozciągała się jednakowo we wszystkich kierunkach, to gwiazdy do niej należące obejmowałyby na niebie płąt o promieniu blisko 60°. W każdym razie, nawet przy kształcie gromady bardziej wydłużonym, gwiazdy, należące do niej, widzialne być mogą na niebie w znacznych odległościach od miejsca, w którym najgęściej są zgromadzone.

Jeżeli słońce nasze jest gwiazdą, należącą do jakiejś gromady, to gwiazdy tej gromady otaczają je ze wszystkich stron, a więc na całym niebie muszą być rozproszone. Najgęściej gwiazdy na niebie skupione być muszą w tych kierunkach, w których najdalej patrzymy w głąb gromady, t. j. w których najbardziej od krańców gromady jesteśmy oddaleni. O kondensacyi w Woźnicy wiemy, iż jesteśmy na zewnątrz niej, i to w odległości około 20 jednostek gwiazdowych. O skupieniach w Byku i Łabędziu wiemy, że na półkuli północnej widoczne one są już u najjaśniejszych gwiazd, być może więc, że słońce należy do jednej z nich. W takim razie i na półkuli południowej nieba musiałyby być widzialne gwiazdy tej gromady i tworzyć skupienie w miejscu nieba, dyametralnie przeciwległem koncentracji północnej.

Rozmieszczenie gwiazd pierwszych 6 wielkości na półkuli południowej przedstawione jest na tabl. III. Znajdujemy tu, prócz mniejszych, dwie wybitne kondensacje, z których jedna napełnia gwiazdozbiór Niedźwiadka, druga zaś biegnie wzdłuż Okrętu Argo i dosięga Krzyża południowego. Otóż pierwsza z nich leży dyametralnie naprzeciw północnej kondensacyi, otaczającej Plejady, druga zaś naprzeciw skupienia w Łabędziu. Jeżeliby każde z tych skupień przypisać oddzielnej gromadzie gwiazd, to należałoby wnioskować, że słońce nasze jest gwiazdą dwóch gromad gwiazdowych jednocześnie, co byłoby trudnem do zrozumienia. Mapy, odnoszące się do gwiazd mniejszych półkuli południowej, wyjaśniają nam tę sprzeczność w zupełności.

Obie powyższe kondensacje znikają już w rozmieszczeniu gwiazd 7 wielkości, skąd wnioskujemy, że gromady, odpowiadają-



jące im, nie sięgają nawet do średniej odległości gwiazd 7 wielkości. Ale gromada, widzialna w Byku, i na półkuli północnej nie sięga dalej, słońce więc w niej zajmuje położenie, bliskie środka. Gromada zaś druga na półkuli północnej rozciąga się bardzo daleko, dalej niż do średniej odległości gwiazd 9 wielkości, na południe zaś tylko do średniej odległości gwiazd 7 wielkości, w tej gromadzie więc słońce położone jest bardzo ekscentrycznie

Na tę pierwszą gromadę można się zapatrywać, jako na lokalne zgęszczenie wewnątrz drugiej; gwiazdy, tam się znajdujące, są najbliższe nam, a więc do nich należą wszystkie najjaśniejsze gwiazdy nieba. Linia Aldebaran-Antares wskazuje kierunek, w którym ta lokalna kondensacya zorientowana jest w przestrzeni, a droga gwiazdowa, która przez tę linię przechodzi, wskazuje położenie płaszczyzny tej lokalnej kondensacyi. Nieznaczną liczbę gwiazd 1 wielkości, które jaśnieją poza granicami drogi gwiazdowej, a które według wszelkiego prawdopodobieństwa do tej kondensacyi należą, wskazuje iż w kierunku, prostopadłym do płaszczyzny drogi gwiazdowej, posiada ona daleko mniejszą rozciągłość niż w tej płaszczyźnie, albo też, że gęstość jej, wraz z oddaleniem się od płaszczyzny gęstości maksymalnej, szybko maleje. Być może, że możliwym jest jeszcze inne tłumaczenie różnych szczegółów. Bądź co bądź badania te dosyć ściśle określają stanowisko nasze w jednej z gromad, z których jest utworzona część wewnętrzna naszego układu gwiazdowego.

Gwiazdy na półkuli południowej rozmieszczone są daleko mniej prawidłowo, niż na półkuli północnej. Na północnej bowiem należą one głównie do jednej wielkiej gromady, na południowej zaś wszystkie gwiazdy, z wyjątkiem jaśniejszych, należą do szeregu gromad, położonych w różnych kierunkach od nas; gwiazdy tych gromad różnych na niebie stoją obok siebie i często tworzą zgęszczenia, którym nie odpowiadają w tych kierunkach skupienia przestrzenne. Rzeczywisty charakter takich kondensacyj na niebie wpływa dopiero ze szczegółowych badań.

Wszystkie gwiazdy nieba aż do 9.5 wielkości, z wyjątkiem nieznaczącej stosunkowo liczby należących do formacyj właściwej drogi mlecznej, ugrupować można w dziewięć izolowanych gromad. Maxima gęstości na niebie, które odpowiadają

ich kierunkom w przestrzeni, prócz trzech wymienionych poprzednio, są następujące: w tylnej części Okrętu, w Bliźniętach, przy gwiazdzie  $\eta$  Okrętu, przy  $\xi$  tyłu Okrętu, w Linii, w Strzelcu. Odległość odpowiednich gromad odpowiada kolei, w jakiej wymienione zostały maxima. Druga i trzy ostatnie z tych gromad ciągną się poza granice średniej odległości gwiazd 9.5 wielkości, podobnie jak nasza gromada słoneczna. Należy więc do nich wiele gwiazd drobniejszych, dla których jeszcze kompletnych katalogów nie posiadamy. Licząc 700 000 gwiazd aż do 9.5 wielkości, wypada przeciętnie na jedną gromadę około 80 000 tych gwiazd; ale doliczając gwiazdy mniejsze, które do tych gromad należą, otrzymalibyśmy liczbę być może kilka razy większą.

Jest rzeczą bardzo ciekawą, czy takie gromady odkrywalibyśmy też coraz dalej od nas, biorąc za podstawę do ich wykrycia gwiazdy coraz drobniejsze. Stwierdzenie tego faktu dla gwiazd najbliższych łączy się z pewnością z największymi trudnościami, gdyż tu gwiazd, należących do jednej gromady, należy szukać na całym niebie, albo też na wielkiej jego części. Gromady dalsze zajmują tylko stosunkowo niewielką część nieba, gdyż kąt, pod którym je widzimy, zmniejsza się wraz z odległością.

Jakichś uderzających skupień gwiazd drobnych w znaczniejszych odległościach od drogi mlecznej nie dostrzegamy. Wyjątek stanowią tylko mgławice nierozdzielne, mianowicie wiele spiralnych, które jakgdyby unikały sąsiedztwa drogi mlecznej — ale stosunek tych utworów do gwiazd naszego układu jest dotąd bardzo tajemniczy. W kierunku drogi mlecznej widzimy bardzo wiele skupień gwiazdowych, które charakterem swym odpowiadają się zdają gromadom, stanowiącym nasze najbliższe sąsiedztwo; co więcej, skupienia gwiazdowe wydają się być głównym materiałem, składającym się na zjawisko drogi mlecznej.

Możemy więc całemu naszemu układowi gwiazdowemu przypisać pewną jednorodność pod tym względem, że składa się on z niezmiernej ilości izolowanych gromad gwiazdowych, rozmieszczonych w przestrzeni tak, iż nie wybiegają one ze wspólnej płaszczyzny, której położenie określa nam pas drogi mlecznej. W jednej z takich gromad, która znajduje się nie zbyt daleko

\*

od środka układu, znajduje się nasze słońce. Jak te gromady rozmieszczone są w tej wspólnej płaszczyźnie, tego dziś jeszcze dobrze nie wiemy. Być może szeregują się one wzdłuż jakichś olbrzymich linii spiralnych, jak to przypuszcza Easton, być może też, iż nowy materiał obserwacyjny, którego w wielkiej ilości dostarcza fotografia, w związku z wielkimi przedsięwzięciami katalogowymi doprowadzi do jakichś wyników całkiem nieoczekiwanych.

---

R É S U M É.

L' étude statistique sur le nombre des étoiles visibles amène aux conclusions suivantes: 1) Toutes les étoiles forment un système unique, dont le nombre des étoiles est fini. 2) L' extension de ce système dans l' espace s' augmente vers l' équateur galactique et se diminue dans la direction des pôles galactiques. Les étoiles sont dispersées sur la voûte céleste d' une façon apparemment irrégulière; mais l' étude détaillée sur la structure de la voie lactée et sur la distribution des étoiles de la grandeur différente, découvre une homogénéité incontestable. Cette régularité se manifeste par des faits divers, parmi lesquels un des plus importants est celui d' accumulation des étoiles en ammas stellaires dans toutes les parties du système. Ces ammas ne s' écartent pas loin du plan, déterminé par la voie lactée visible. Il est possible, qu' ils se rangent en grandes spirales; les nébuleuses stellaires en offrent beaucoup d'exemples.







PAN 11431

